

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004年2月5日 (05.02.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/011817 A1

(51) 国際特許分類: F16C 33/66, 33/58, 37/00, 41/00, 19/16, 19/26, F16N 13/16, 29/02, B23Q 11/12

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/009612

(22) 国際出願日: 2003年7月29日 (29.07.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願2002-220015	2002年7月29日 (29.07.2002)	JP
特願2002-226233	2002年8月2日 (02.08.2002)	JP
特願2002-253082	2002年8月30日 (30.08.2002)	JP
特願2003-070338	2003年3月14日 (14.03.2003)	JP
特願2003-110788	2003年4月15日 (15.04.2003)	JP
特願2003-110789	2003年4月15日 (15.04.2003)	JP
特願2003-113421	2003年4月17日 (17.04.2003)	JP
特願2003-122551	2003年4月25日 (25.04.2003)	JP
特願2003-270786	2003年7月3日 (03.07.2003)	JP
特願2003-274546	2003年7月15日 (15.07.2003)	JP

特願2003-279135	2003年7月24日 (24.07.2003)	JP
特願2003-279306	2003年7月24日 (24.07.2003)	JP
特願2003-279345	2003年7月24日 (24.07.2003)	JP
特願2003-280365	2003年7月25日 (25.07.2003)	JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本精工株式会社 (NSK LTD.) [JP/JP]; 〒141-8560 東京都品川区大崎一丁目6番3号 Tokyo (JP).

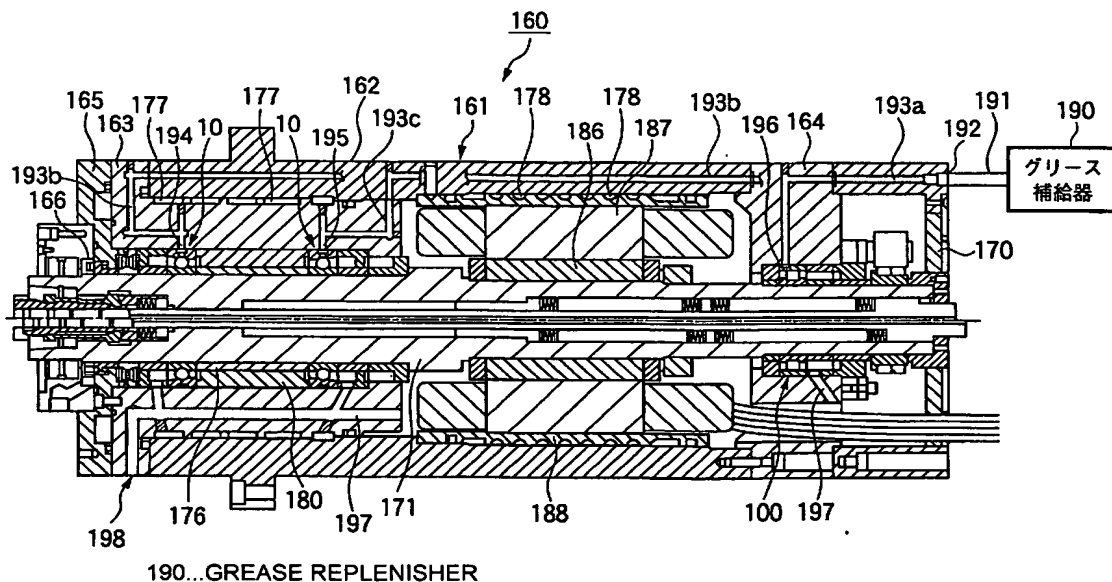
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 松山 直樹 (MAT-SUYAMA, Naoki) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 安積 三郎 (AZUMI, Saburo) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 小岩 有 (KOIWA, Yuu) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 青木 満穂 (AOKI, Mitsuho) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式

/続葉有/

(54) Title: ROLLING BEARING, GREASE REPLENISHING DEVICE, MAIN SHAFT DEVICE, GREASE REPLENISHING METHOD, AND GREASE REPLENISHING PROGRAM

(54) 発明の名称: 転がり軸受、グリース補給装置、主軸装置、グリース補給方法及びグリース補給プログラム



(57) Abstract: A main shaft device comprising a rolling bearing rotatably supporting a main shaft in a housing and consisting of an outer ring having an outer ring raceway surface in its inner peripheral surface, an inner ring having an inner ring raceway surface in its outer peripheral surface, and rolling elements rollably installed between the outer and inner ring raceway surfaces, and a grease replenishing device replenishing grease into the rolling bearing, the main shaft device being characterized in that the grease replenishing device replenishes grease so that a single replenishing amount is 0.004 cc - 0.1 cc.

/続葉有/

WO 2004/011817 A1



会社内 Kanagawa (JP). 森田 康司 (MORITA, Yasushi) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県 藤沢市 鵠沼神明一丁目 5 番 5 0 号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 稲垣 好史 (INAGAKI, Yoshifumi) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県 藤沢市 鵠沼神明一丁目 5 番 5 0 号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 杉田 澄雄 (SUGITA, Sumio) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県 藤沢市 鵠沼神明一丁目 5 番 5 0 号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 稲葉 堅 (INABA, Ken) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県 藤沢市 鵠沼神明一丁目 5 番 5 0 号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 矢倉 健二 (YAKURA, Kenji) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県 藤沢市 鵠沼神明一丁目 5 番 5 0 号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 小栗 昌平, 外 (OGURI, Shohei et al.); 〒107-6028 東京都 港区 赤坂一丁目 1 2 番 3 2 号 アーク森ビル 2 8 階 栄光特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,

ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 内周面に外輪軌道面を有する外輪と、外周面に内輪軌道面を有する内輪と、前記外輪軌道面と前記内輪軌道面との間に転動自在に設けられた転動体とを備え、主軸をハウジング内に回転可能に支持する転がり軸受と、前記転がり軸受の内部にグリースを補給するグリース補給装置と、を有する主軸装置であって、前記グリース補給装置は、一回の補給量が 0.004cc ~ 0.1cc となるように前記グリースを補給することを特徴とする。

## 明 細 書

転がり軸受、グリース補給装置、主軸装置、グリース補給方法及びグリース補給プログラム

## &lt;技術分野&gt;

本発明は、工作機械や高速モータの主軸等を支持する転がり軸受、転がり軸受にグリースを潤滑するグリース補給装置及びそれを用いた主軸装置に関する。また、本発明は、グリースを補給するグリース補給方法及びグリース補給プログラムに関する。

## &lt;背景技術&gt;

工作機械主軸用の軸受には、工作精度向上のため、振動、音響等の特性が良好であることが求められる。また、工作機械主軸用の軸受には、取り扱いやすく環境面やコスト面で有利な、グリース潤滑を採用し、かつ、高速回転性、高寿命を達成することが求められている。

工作機械主軸に用いられるグリース潤滑の転がり軸受は、発熱しないように、初期に封入したグリースのみで潤滑されるのが普通である。グリースを封入した初期段階で、グリースの慣らし運転を行わずに高速回転させると、グリースの噛み込みや攪拌抵抗により異常発熱を起こすため、数時間をかけて慣らし運転を行ってグリースを最適な状態にしている。

近年、工作機械主軸の高速化が益々進み、主軸を支持する軸受は  $d \text{ mN} (= (\text{軸受内径} + \text{軸受外径}) \div 2 \times \text{回転速度 (rpm)})$  100万以上という環境で使用されることが珍しくなくなっている。オイルエアやオイルミスト等の油潤滑のものと比較すると、グリース潤滑の転がり軸受は高速回転における寿命が短い傾向がある。グリース潤滑の場合、軸受の転がり疲れ寿命よりも前に、グリース劣化により軸受が焼付いてしまう。回転数が著しく高い場合、短時間でグリースが劣化または油膜形成不足により、早期に焼付が発生する。

そこで、軸受の長寿命化を図るために、軸受の内輪に凹部を形成し、この凹部にグリースを予め蓄えておき、蓄えたグリースを軸受に補給する方法が提案され

ている（例えば、特開平 1－6 7 3 3 1 号公報、特開平 4－1 3 2 2 2 0 号公報、特開平 6－3 5 6 5 9 号公報参照）。

また、軸受の長寿命化を図るために、軸受を嵌め込んだ主軸に凹部を形成し、この凹部にグリースを予め蓄えておき、凹部に蓄えたグリースを軸受に補給する方法も提案されている（例えば、特開平 6－3 5 6 5 3 号公報参照。）。

また、出願人は、この問題を解決するために特開 2 0 0 3－1 1 3 8 4 6 において、グリース潤滑されている転がり軸受であって、外輪に補給孔が設けられ、該補給孔を介して、一回の補給量が軸受空間容積の 0. 1～4 % となるようにグリースが補給される転がり軸受を提案している。この転がり軸受によれば、回転している軸受の異常昇温が抑制され、焼付の発生を防ぐことが可能である。したがって、特開 2 0 0 3－1 1 3 8 4 6 に記載の転がり軸受によれば、異常昇温を回避し、慣らし運転を実施しなくてもよい。

しかしながら、特開 2 0 0 3－1 1 3 8 4 6 に記載の転がり軸受では、一回の補給量が軸受空間容積の 0. 1～4 % となるようにグリース補給を行うことにより異常昇温は発生しないように構成することが可能であるが、グリースの一回の補給量が多い場合には、温度の脈動が生じてしまう可能性がある。

この温度の脈動について評価するために評価試験を行ったところ、内径 6 5 m m のアンギュラ玉軸受において、一回の補給時に軸受空間容積の 1 % 以上（軸受空間容積の 1 % は、0. 1 5 c c に相当）のグリースを補給すると、補給した瞬間に 1 ° C ～ 2 ° C 程度の温度の脈動が生じることがわかった。

この温度の脈動は、精度を要求されない通常の使用時には問題とはならないが、金型用途向けの工作機械等、精度が厳しく要求される装置の主軸に用いられる転がり軸受においては、この温度の脈動により軸の長さが変化してしまい、加工精度に影響を及ぼしてしまう恐れがある。

また、グリース補給において、グリースの過剰補給を防ぐため、軸受の異常を検知したときにのみ追加グリースを補給する給脂装置が提案されている（特開昭 6 3－5 3 3 9 7 号公報および特許 3 1 6 7 0 3 4 号公報参照）。

しかし、上記装置は、軸受に異常が発生した後に追加グリースを補給するもの



であるため、追加グリースを補給する時点で、既に軸受が損傷している可能性もある。軸受の損傷は、工作機械の軸振れ精度低下の原因となり、工作機械の加工精度が低下してしまう。このため、一般的なグリース補給装置は、潤滑不良によって軸受にわずかな損傷も発生しないように、軸受が使用される環境下で最も厳しい条件を基準として、一定の補給間隔毎にグリースを補給している。

しかしながら、軸受が使用される環境下で最も厳しい条件を基準として、所定の補給間隔毎にグリースを補給するように補給装置を設定すると、補給装置は、軸受の使用条件がそれほど過酷でない場合でも、過剰のグリースを軸受内部に補給してしまい、グリースが過剰となるという問題点がある。

例えば、出願人による実験によると、軸受で支持された軸径 65 mm の軸を回転速度  $22000 \text{ min}^{-1}$  で給脂無しで回転させると、100 時間でグリースの劣化が起こり、軸受が損傷したが、 $18000 \text{ min}^{-1}$  で給脂無しの場合には、その 10 倍にあたる 1000 時間で軸受が損傷した。よって、一定間隔毎の補給は、使用条件が過酷で無い場合には不効率なものとなり、補給回数の無駄な増加につながる。さらに、この補給回数の増加により補給された過剰なグリースは、軸受温度を不安定にしてしまう。

また、上記設定では、軸受の稼働状態に関わらず、グリースを補給する。従って、停止している軸受内にも、どんどんグリースが補給されてしまうこととなる。従って、停止していた軸受が再稼働する際には、追加されたグリースにより、グリースの攪拌抵抗が増大してしまうため、急激な温度上昇が引き起こされてしまう。

さらに、潤滑装置における潤滑油の吐出状態を監視する装置として以下のものが知られている。

1. 潤滑装置において潤滑油をタンク（ポンプ）に貯めて、バルブ（定量型ピストンポンプ）に吐出される潤滑油の圧力を検知し、バルブに接続される潤滑系の使用圧力範囲にあるかを監視するもの（特開 2003-113846 号公報参照）。

2. 機械式定量型ピストンポンプのピストンの動きを検知し、潤滑油が吐出さ

れているかを監視するもの（特開平５－８７２９３号公報参照）。

３．機械式定量型ピストンポンプから配管内へ吐出された潤滑油の一部を加熱し、加熱した潤滑油の運きを検知し、潤滑油の吐出状況を監視するもの（実公平６－２９７４２号公報参照）。

４．グリースが軸受装置に供脂されたとき発熱する温度を検知し、グリースの吐出状況を監視するもの（特開平１１－２７０７８９号公報参照）。

図１１３に示したような、グリース補給装置１６４０は、バルブ（ソレノイドバルブ）１６４１がＯＮすることにより、機械式定量型ピストンポンプ１６４２にエアが供給され、定量ピストン１６４２ａが作動して軸受１６４３にグリースを供給するための配管１６４４内へグリースＧｒが吐出される。そして、スピンドル内部の軸受装置にグリースが補給される。また、バルブ（ソレノイドバルブ）１６４１が開くことにより、グリースタンク１６４５内へ、エアが供給されタンク内ピストン１６４６を加圧する。

バルブ（ソレノイドバルブ）１６４１がＯＦＦすることにより、機械式定量型ピストンポンプ１６４２にエアが供給されなくなり、定量ピストン１６４２ａが元に戻る。このとき、グリースタンク内のピストンを加圧しているエアは、グリースタンクに取り付けた抵抗体１６４９により脱圧することなく、グリースタンク１６４５内のグリースＧｒは機械式定量型ピストンポンプ１６４２へグリースを供給する。

以上の動作を繰り返すことによって、軸受装置内部へグリースを間欠的に微量かつ定量補給する。

しかしながら、機械式定量型ピストンポンプへ供給するグリースを貯蔵するグリースタンクのグリースがなくなると、機械式定量型ピストンポンプからグリースが供給されなくなり、軸受に潤滑不良が発生し、軸受が焼付を起こす。

また、機械式定量型ピストンポンプへ送るにあたって、ソレノイドバルブをＯＦＦし、機械式定量型ピストンポンプが元に戻る時にグリースタンク内のグリースに圧力がかからない場合、グリースタンクから機械式定量型ピストンポンプへグリースが供給されず、機械式定量型ピストンポンプよりグリースが吐出され

ないために、軸受に潤滑不良が発生し、軸受が焼付を起こすという問題があった。

また、一般産業用のグリース補給装置として、図 1 1 4 に示すグリース補給装置 1 6 5 0 は、外部のエア供給源から与えられた外力エネルギーを使用してグリースの補給を行う抵抗式の空気駆動ポンプ式である。

グリース補給装置 1 6 5 0 は、グリースタンク 1 6 5 1 の一端部にエア供給源が連通接続されているとともに、グリースタンク 1 6 5 1 の他端部にグリース補給用配管 1 6 5 2 が連通接続されている。グリース補給用配管 1 6 5 2 は、基端部がグリースタンク 1 6 5 1 の吐出口 1 6 5 3 に連通され、先端部にノズル 1 6 5 4 が設けられている。ノズル 1 6 5 4 は、玉軸受や円筒ころ軸受等を備えた軸受装置 1 6 5 5 の側部に配される。

このようなグリース補給装置 1 6 5 0 では、グリースタンク 1 6 5 1 内のピストン 1 6 5 6 に一定時間だけ圧力が与えられることにより、グリースタンク 1 6 5 1 内に貯留されているグリース 1 6 5 7 が、吐出口 1 6 5 3、グリース補給用配管 1 6 5 2 を通ってノズル 1 6 5 4 に送給され、ノズル 1 6 5 4 から軸受装置 1 6 5 5 の軸受空間内に吐出される（例えば、(株)サンエイテック”E F D 液剤吐出システムカタログ“(第 4 頁～第 1 7 頁) 参照)。

上記のグリース補給装置の他の構成として、図 1 1 5 に示すグリース補給装置 1 6 6 0 は、図 1 1 4 に示したグリース補給装置 1 6 5 0 と同様の構成を有しており、外部のエア供給源から与えられた外力エネルギーを使用してグリースの補給を行う抵抗式の空気駆動ポンプ式である。

グリース補給装置 1 6 6 0 は、グリースタンク 1 6 6 1 の一端部にエア供給源が連通接続されているとともに、グリースタンク 1 6 6 1 の他端部にグリース補給用配管 1 6 6 2 が連通接続されている。グリース補給用配管 1 6 6 2 は、基端部がグリースタンク 1 6 6 1 の吐出口 1 6 6 3 に連通され、先端部が玉軸受や円筒ころ軸受等を備えた軸受装置 1 6 6 5 において外輪 1 6 6 6 の径方向に形成されたグリース補給孔 1 6 6 7 に連通接続される。

このようなグリース補給装置 1 6 6 0 では、グリースタンク 1 6 6 1 内のピストン 1 6 6 8 に一定時間だけ圧力が与えられることにより、グリースタンク 1 6

61内に貯留されているグリース1669が、吐出口1663、グリース補給用配管1662、グリース補給孔1667を通して送給され、グリース補給孔1667を通して外輪外径部から軸受装置1665の軸受空間内に吐出される（例えば、(株)サンエイテック”EFD 液剤吐出システムカタログ“(第4頁～第17頁)参照)。

上記のグリース補給装置の他の構成として、図116に示すグリース補給装置1670は、モータ等の原動機により発生する外力エネルギーを使用してグリースの補給を行う機械駆動ポンプ式である。

グリース補給装置1670は、グリースタンク1671内にモータ1672が内装されており、モータ1672の出力軸に雄ねじ1673が設けられている。そして、出力軸の雄ねじ1673にピストン1674の雌ねじ1675が螺合されている。

グリースタンク1671の端部には、グリース補給用配管1676が連通接続されており、グリース補給用配管1676は、基端部がグリースタンク1671の吐出口1677に連通され、先端部にノズル1678が設けられている。ノズル1678は、玉軸受や円筒ころ軸受等を備えた軸受装置1679の側部に配される。

このようなグリース補給装置1670では、モータ1672に電流が供給されることにより出力軸が回転し、出力軸の回転により、ピストン1674がグリースタンク1671内を進行することによって、グリースタンク1671内のグリース1680が加圧され、グリース1680が、吐出口1677、グリース補給用配管1676を通してノズル1678に送給され、ノズル1678から軸受装置1679の軸受空間内に吐出される。グリース補給用配管1676は、図115と同様にして、軸受装置1679において外輪の径方向に形成されたグリース補給孔に連通接続されることによって、外輪外径部から軸受空間内にグリース1680を吐出する場合もある（例えば、ING商事(株)“ドイツ製 自動連続給油器” perma (第2頁～第4頁)参照)。

しかしながら、グリース補給装置1650、1660、1670においては、

グリースを加圧する部分から軸受までの配管における内径や長さ、ノズルの形状及び、温度等の条件によってグリースの吐出量に大きな変動が生じるため、それらの条件が変わる毎にグリースに対する加圧時間を制御調整しなければならず、安定したグリースの吐出を行うことが難しいという問題があった。

また、グリース補給装置 1 6 7 0 においては、グリースを加圧する部分から軸受までの配管内にあるグリースには、長時間残圧が発生しており、微量であるが流動しようとする。そのため、配管内で配管内径付近と配管中心付近とでグリースの流れに変動が生じる。そして、このような状態で長時間放置されると、グリースが離油を起こし、配管内にちょう度の異なるグリースが存在することとなり、定量の吐出を行うことができないという問題があった。

また、グリース補給装置 1 6 7 0 では、吐出口 1 6 7 7 の後段におけるグリース補給用配管 1 6 7 6 の形状によっては、ピストン 1 6 7 4 が駆動しても管内抵抗によってグリース 1 6 8 0 が吐出されず、グリースタンク 1 6 7 1 がその圧力で膨張する心配がある。

さらに、特開 2 0 0 0 - 2 8 8 8 7 0 号公報では、主軸装置の軸受部に塵埃、液体などの異物が侵入しないようにコンタミネーションを管理する技術が知られている。しかしながら、このような管理を行っても、グリースの寿命には限りがあり、オイルエア潤滑やオイルミスト潤滑と同様な長寿命は得られない。

また、出願人が既に提案した特開 2 0 0 3 - 1 1 3 8 4 6 の技術では、グリースの長寿命化が可能であるが、冷却を行わない場合には、 $\text{dmN } 180$  万レベルで外輪昇温が  $70 \sim 80^\circ\text{C}$  になってしまい、グリースの酸化劣化や油膜形成不足により焼付きに至る虞れがあった。

高速回転用のグリースは、発熱を抑えるために基油の粘度は VG22 相当が使われることが多い。工作機械主軸用としては、高速回転の場合 NOK クリューバー社製のイソフレックス NBU15 が一般的に使用されている。このグリースは基油粘度  $20 \text{ m m}^2/\text{s}$  ( $40^\circ\text{C}$ ) である。軸受温度が  $70 \sim 80^\circ\text{C}$  になった場合、基油の動粘度は  $6 \sim 8 \text{ m m}^2/\text{s}$  となり、油膜を確保することが困難となる。

また、工作機械の主軸装置では、外部から主軸装置内の軸受内部に切削液が浸

入すると、主軸軸受の潤滑性能が劣化して焼き付きが発生するため、主軸とハウジング前端との間隙から軸受までの切削液浸入域に、切削液浸入防止手段として、図 1 1 7 に示したラビリンスシールやエアシールが配設されている（例えば、実開平 4-90770 号公報、特開 2002-239867 号公報参照）。

しかしながら、それらの切削液浸入防止手段では、切削液の浸入を完全に防止することはできない。

そこで、図 1 1 8 に示したように、軸受に切削液検出センサを配設して、軸受に浸入する切削液を検出する軸受が提供されている（例えば、特開 2002-206528 号公報参照）。

しかしながら、実開平 4-90770 号公報では、主軸装置内部へ切削液が浸入してしまうという問題があった。また、特開 2002-239867 号公報の主軸回転により異物をドレン孔から排出する方法では、回転速度が低いときには、排出能力が落ちるという問題があった。さらに、特開 2002-206528 号の軸受内部に設けられたセンサで切削液の浸入を検出する方法では、切削液が軸受内部にすでに浸入した後であり、軸受の焼き付きが発生するか、軸受交換や分解・洗浄等のメンテナンスが必要となる問題があった。特に、グリース潤滑においては一度封入されたグリースは切削液が浸入すると切削液でグリースが洗い流されてしまい軸受が損傷する事例が多く見られた。

さらに、図 1 1 9 に示すように、外輪間座 1 7 1 1 に排出潤滑剤の貯蔵空間 1 7 1 2 を形成して、軸受内部へ供給された潤滑剤を軸受外部へ排出する軸受装置 1 7 0 1 が提案されている。

この軸受装置 1 7 0 1 では、排出空間 1 7 1 4, 1 7 1 2 に貯蔵された潤滑剤を定期的に吸引できるように構成されている。

なお、図 1 1 9 中の符号 1 7 1 5 はグリース供給穴、1 7 1 6 はハウジング、1 7 1 7 は内輪間座、1 7 1 8 は玉、1 7 1 9 は外輪、1 7 2 0 は内輪である。

また、図 1 2 0 に示す軸受装置 1 7 0 2 は、軸受 1 7 1 3 の片側にシール部材 1 7 2 1 が装着され、潤滑剤がシール部材 1 7 2 1 と反対側の広い方の空間 1 7 2 2 へ流動するように構成されている。なお、図 1 2 0 中の符号 1 7 2 3 は外輪

間座である。

しかしながら、上記の軸受装置 1701, 1702 (図 119 および図 120 参照) は、連続供給により潤滑剤で充填された軸受空間内へ、さらに潤滑剤を供給することにより潤滑剤を軸受装置 1701, 1702 の外部へ押し出すように構成されているため、軸受外部へ潤滑剤を排出させる力が小さい。

したがって、外輪間座 1711 に構成された貯蔵空間 1712 を、排出された潤滑剤で充填させることができず、長時間潤滑剤を補給し続けることが困難であるという問題があった。

さらに軸受装置 1701, 1702 の外部への潤滑剤の排出を軸受装置外部からの吸引で行う場合、軸受装置 1701, 1702 の内部の潤滑剤を全て除去することが難しいという問題もあった。

また、図 121 に示すように、ハウジング 1751 に外輪 1753 が嵌め込まれた軸受 1752 に外部からグリースを補給する方法が考えられる。

その一例として、ハウジング 1751 にグリース補充孔 1754 を貫通し、このグリース補充孔 1754 に合わせて外輪 1753 に補給孔 1755 を貫通させた軸受のグリース補給装置 1750 が知られている。

軸受のグリース補給装置 1750 によれば、グリース補充孔 1754 にグリース補給用の配管を介してグリース補給装置 (図示せず) を備えることにより、グリース補給装置でグリース補給用の配管、グリース補充孔 1754 および補給孔 1755 を介してグリースを軸受 1752 に補充することができる。しかし、上記の構成では、軸受をハウジングに組み込む際に補給孔 1755 とグリース補充孔 1754 の位相合わせが必要となり手間がかかる。

よって、外輪に軸受内部へグリースを補給する補給孔が形成され、外輪の外周に補給孔を含む環状溝、もしくはハウジング内周に補給孔に臨む環状溝を形成して、組み込み時にハウジングと軸受の位相を合わせる必要のない構成とすることもできるが、以上の構成の場合、グリースがハウジングのグリース補充孔から供給されて環状溝を通り外輪補給孔から軸受内部へ補給されるためには、以下の 3 点が重要となる。

(i) 環状溝の断面積と環状溝断面周長さとの関係

(i i) ハウジングと軸受外輪との隙間の値

(i i i) 軸受外輪の環状溝をのぞいた外径面とハウジングの軸方向に接している長さ

(i) の値が小さいとグリースが環状溝を通る際に抵抗となって、外輪補給孔まで達しないで軸受内部までグリースが供給されない。

(i i) の値が大きいと環状溝を流れるグリースがハウジングと軸受外輪との隙間から漏れ軸受外部に排出されるため、外輪補給孔から軸受内部へグリースが供給されない。

(i i i) の値が小さいと環状溝を流れるグリースがハウジングと軸受外輪との隙間から漏れ軸受外部に排出されるため、外輪補給孔から軸受内部へグリースが供給されない。

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、第一の目的は、グリース供給において、高速回転が可能であると共に、軸受の長寿命化が可能な、転がり軸受、グリース補給装置、主軸装置、グリース補給方法及びグリース補給プログラムを提供することである。

特に、本発明は、グリース供給時に温度の脈動を抑えることができること、軸受の組付け作業を短い時間で行うことができ、作業者の負担を軽減できること、配管の影響を受けることなく微量かつ定量のグリースを間欠的に吐出する定量補給を行うことができること、転がり軸受、グリース補給装置、主軸装置、グリース補給方法及びグリース補給プログラムを提供することである。

また、本発明の目的は、軸受内部に切削液が浸入する以前に主軸装置内部への切削液浸入を検出し、機械運転を長時間止めることなく、主軸軸受の潤滑性能を安定して長時間維持可能な主軸装置を提供することである。

さらに、本発明の目的は、供給された潤滑剤を継続的に排出でき長時間の連続運転が安定して可能であり、また潤滑剤を主軸装置外部へ確実に排出できて、メンテナンスの容易な安定した潤滑剤補給を行って良好な潤滑状態を保つことができ、ひいては軸受の長寿命化を図ることができる主軸装置を提供することにある。



### <発明の開示>

本発明の目的は、下記構成により達成される。

(1) 内周面に外輪軌道面を有する外輪と、外周面に内輪軌道面を有する内輪と、前記外輪軌道面と前記内輪軌道面との間に転動自在に設けられた転動体とを備え、主軸をハウジング内に回転可能に支持する転がり軸受と、

前記転がり軸受の内部にグリースを補給するグリース補給装置と、を有する主軸装置であって、

前記グリース補給装置は、一回の補給量が0.004cc～0.1ccとなるように前記グリースを補給することを特徴とする主軸装置。

(2) 前記グリース補給装置は、前記外輪に設けられた補給孔を含むことを特徴とする(1)記載の主軸装置。

(3) 前記主軸装置は、さらに外輪間座を有し、

前記グリース補給装置は、前記外輪間座に設けられた補給孔を含むことを特徴とする(1)記載の主軸装置。

(4) 前記グリース補給装置は、前記ハウジングに設けられた補給孔を含むことを特徴とする(1)記載の主軸装置。

(5) 前記主軸装置は、さらに前記内輪或いは前記外輪の側面近傍に配置された少なくとも一つの回転体を備え、

前記回転体の回転によってグリースを前記転がり軸受の外部へ排出することを特徴とする(1)記載の主軸装置。

(6) 前記ハウジングに、排出されたグリースを貯蔵する貯蔵空間を設けたことを特徴とする(5)記載の主軸装置。

(7) 前記貯蔵空間から、前記主軸装置の外部へグリースを排出させる少なくとも一つの排出穴を有し、該排出穴にグリースを貯蔵することが可能であることを特徴とする(6)記載の主軸装置。

(8) 前記回転体は、内輪間座、前記内輪、前記転がり軸受の保持器の少なくとも一つに形成された鏝であることを特徴とする(5)～(7)のいずれかに記載の主軸装置。

(9) 前記排出穴にグリースとは別の流体を外部から入れることにより、グリースを排出可能であることを特徴とする(7)又は(8)記載の主軸装置。

(10) 前記主軸装置は、前記主軸の回転速度を検出する回転センサを備え、前記グリース補給装置は、前記回転速度に応じて前記転がり軸受の内部にグリースを補給することを特徴とする(1)記載の主軸装置。

(11) 前記グリース補給装置は、回転速度を複数の領域に分割して前記領域毎に加算値を設定し、測定された前記回転速度に対応する前記加算値を単位時間毎に積算して積算値を求め、

前記積算値が所定値以上となった場合にグリースを補給することを特徴とする(10)記載の主軸装置。

(12) 前記グリース補給装置は、前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することを特徴とする(11)記載の主軸装置。

(13) 前記グリース補給装置は、前記軸の停止時は加算値を0とし積算を行わないことを特徴とする(11)又は(12)記載の主軸装置。

(14) 前記グリース補給装置は、前記グリース補給装置内のグリース残量が所定値以下になったときに前記主軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御することを特徴とする(10)～(13)のいずれかに記載の主軸装置。

(15) 前記グリース補給装置は、前記グリース補給装置内のグリース残量が所定値以下になったときに前記主軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御し、

前記所定の回転速度は、前記複数の領域の最高回転速度領域の1つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする(11)～(13)のいずれかに記載の主軸装置。

(16) 前記グリース補給装置は、逆止弁及び定量吐出ピストンを備えて前記グリースを吐出するための機械式定量型ピストンポンプと、前記グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンク内のグリースを加圧するグリースタンク内ピストンと、前記グリースタンクに設けられ、グリースの残存量を監視するセンサと、を備えたことを特徴とする(1)記載の主軸装置。

(17) 前記センサは、前記グリースタンク内ピストンに取り付けられた磁石を有していることを特徴とする(16)記載の主軸装置。

(18) 前記グリースタンク内のグリースの圧力、若しくは前記機械式定量型ピストンポンプと前記グリースタンクを接続するグリース配管内のグリースの圧力を監視するセンサが設けられていることを特徴とする(16)又は(17)記載の主軸装置。

(19) 前記機械式定量型ピストンポンプがストロークしてグリースを吐出後、前記定量吐出ピストンが元に戻った状態で、前記グリースタンク内のグリースを加圧するために前記グリースタンク内ピストンに圧力を一定時間保持する機構が設けられていることを特徴とする(16)～(18)のいずれかに記載の主軸装置。

(20) 前記センサが、異常を検知した際に前記主軸の回転速度の上限を制御することを特徴とする(16)～(19)記載のいずれかに記載の主軸装置。

(21) 前記グリース補給装置は、前記グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンクから送給されたグリースを予め定められた量だけ収容するシリンダと、該シリンダ内に収容された定量のグリースをグリース補給用配管に吐出するように、前記シリンダ内を往復移動可能な定量吐出ピストンと、前記シリンダの端部に配された逆止弁と、を有する機械式定量型ピストンポンプを備えたことを特徴とする(1)記載の主軸装置。

(22) 前記機械式定量型ピストンポンプは、前記シリンダ内に媒体を供給するバルブを有し、前記定量吐出ピストンは、前記バルブより供給された前記媒体により駆動されることを特徴とする(21)記載の主軸装置。

(23) 前記グリース補給用配管は、テフロンチューブとしたことを特徴とする(21)又は(22)のいずれかに記載の主軸装置。

(24) 前記主軸装置は、さらに前記ハウジングの内部に冷却液を供給して所定個所を冷却する冷却手段と、前記主軸に設けられたロータおよび前記ロータに対向するように前記ハウジングの内周面に設けられたステータを備えるモータとを備え、

前記主軸は前記モータによって駆動され、

前記冷却手段は、前記ステータを冷却可能であるとともに、前記転がり軸受における少なくとも前記外輪を冷却可能であることを特徴とする（１）記載の主軸装置。

（２５） 前記冷却手段は、前記冷却液を前記主軸内部に供給し、かつ、前記冷却液を前記主軸の長手方向に沿って流通させることにより前記主軸を冷却可能であることを特徴とする（２４）記載の主軸装置。

（２６） 前記主軸および前記ハウジングから排出される前記冷却液を回収する冷却液回収手段を有することを特徴とする（２４）又は（２５）記載の主軸装置。

（２７） 前記転がり軸受は、前記外輪に形成され前記転がり軸受の内部へグリースを補給する少なくとも一つの補給孔と、前記外輪の外周に形成され前記補給孔を含む環状溝とを備え、

前記環状溝の断面積（ $\text{mm}^2$ ）を前記環状溝の断面周長さ（ $\text{mm}$ ）で割った値が、 $0.25\text{ mm}$ 以上であることを特徴とする（１）記載の主軸装置。

（２８） 前記転がり軸受は、前記外輪に形成され前記転がり軸受の内部へグリースを補給する少なくとも一つの補給孔を備え、

前記ハウジングは、その内周に形成され前記補給孔に臨む環状溝を備え、

前記環状溝の断面積（ $\text{mm}^2$ ）を前記環状溝の断面周長さ（ $\text{mm}$ ）で割った値が $0.25\text{ mm}$ 以上であることを特徴とする（１）記載の主軸装置。

（２９） 前記外輪の外周または前記ハウジングの内周には、前記補給孔の軸方向両側に一对の外側円環溝が形成されており、前記一对の外側円環溝にはＯリングが嵌め込まれたことを特徴とする（２７）又は（２８）記載の主軸装置。

（３０） 前記ハウジングの内周と前記外輪の外周の隙間が $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、前記外輪の外径面と前記ハウジングが軸方向に接している部分の長さが $1\text{ mm}$ 以上であることを特徴とする（２７）又は（２８）記載の主軸装置。

（３１） 前記主軸は、工作機械用主軸であることを特徴とする（１）～（３０）のいずれかに記載の主軸装置。

(32) 前記主軸は、高速モータ用主軸であることを特徴とする(1)～(30)のいずれかに記載の主軸装置。

(33) 内周面に外輪軌道面を有する外輪と、外周面に内輪軌道面を有する内輪と、前記外輪軌道面と前記内輪軌道面との間に転動自在に設けられた転動体とを備え、主軸をハウジング内に回転可能に支持する転がり軸受と、

外部より前記転がり軸受の内部へ潤滑剤を供給する潤滑剤供給経路と、

前記内輪又は前記外輪の側面近傍に配置された回転体と、を備え、

前記回転体の回転によって前記潤滑剤を前記転がり軸受の外部へ排出することを特徴とする主軸装置。

(34) 前記ハウジングに、排出された潤滑剤を貯蔵する貯蔵空間を設けたことを特徴とする(33)記載の主軸装置。

(35) 前記貯蔵空間から、前記主軸装置の外部へ前記潤滑剤を排出させる少なくとも一つの排出穴を有し、該排出穴に前記潤滑剤を貯蔵することが可能であることを特徴とする(34)記載の主軸装置。

(36) 前記回転体は、内輪間座、前記内輪、前記転がり軸受の保持器の少なくとも一つに形成された鏝であることを特徴とする(34)又は(35)記載の主軸装置。

(37) 前記排出穴に前記潤滑剤とは別の流体を外部から入れることにより、前記潤滑剤を排出可能であることを特徴とする(34)～(36)のいずれかに記載の主軸装置。

(38) 前記主軸は、工作機械用主軸であることを特徴とする(33)～(37)のいずれかに記載の主軸装置。

(39) 前記主軸は、高速モータ用主軸であることを特徴とする(33)～(37)のいずれかに記載の主軸装置。

(40) 主軸とハウジング前端との間隙から転がり軸受までの切削液浸入域に、切削液検出センサを配設したことを特徴とする主軸装置。

(41) 前記切削液検出センサを、ラビリンスシールから前記転がり軸受までの間に配設したことを特徴とする(40)記載の主軸装置。

(42) 前記切削液浸入域にドレン通路を開口し、該ドレン通路に切削液検出センサを配設したことを特徴とする(40)又は(41)記載の主軸装置。

(43) 前記ドレン通路に排出バルブを配設したことを特徴とする(40)～(42)のいずれかに記載の主軸装置。

(44) 前記切削液検出センサでの検出信号に基づいて、前記排出バルブを作動して、前記切削液浸入域から切削液を排出することを特徴とする(43)記載の主軸装置。

(45) 前記転がり軸受に潤滑剤供給孔を形成するとともに、該潤滑剤供給孔を潤滑供給装置に接続し、前記切削液検出センサでの検出信号に基づいて、前記潤滑供給装置を作動して、前記転がり軸受に潤滑剤を供給させるようにしたことを特徴とする(40)～(44)のいずれかに記載の主軸装置。

(46) 前記切削液検出センサの信号により前記転がり軸受が損傷しない運転条件に制限する機能を備えた工作機械に使用することを特徴とする(40)記載の主軸装置。

(47) 前記切削液検出センサでの検出信号に基づいて、警告表示をする警告手段を備えたことを特徴とする(40)～(46)記載の主軸装置。

(48) 転がり軸受を外嵌するハウジングと、前記転がり軸受に軸通される主軸と、前記転がり軸受の軸受空間にグリースを供給してグリース潤滑するグリース補給装置と、前記ハウジングの内部に冷却液を供給して所定個所を冷却する冷却手段とを有し、前記主軸に設けられたロータおよび前記ロータに対向するように前記ハウジングの内周面に設けられたステータを備えるモータにより、前記主軸が駆動される主軸装置であって、前記冷却手段が、前記ステータを冷却可能であるとともに、前記転がり軸受における少なくとも固定側軸受を冷却可能であることを特徴とする主軸装置。

(49) 前記冷却手段が、前記冷却液を前記主軸内部に供給し、かつ、前記冷却液を前記主軸の長手方向に沿って流通させることにより前記主軸を冷却可能であることを特徴とする(48)記載の主軸装置。

(50) 前記主軸および前記ハウジングから排出される前記冷却液を回収する

冷却液回収手段を有することを特徴とする（４８）又は（４９）記載の主軸装置。

（５１） 前記主軸は、工作機械用主軸であることを特徴とする（４８）～（５０）のいずれかに記載の主軸装置。

（５２） 前記主軸は、高速モータ用主軸であることを特徴とする（４８）～（５０）のいずれかに記載の主軸装置。

（５３） 内周面に外輪軌道面を有する外輪と、外周面に内輪軌道面を有する内輪と、前記外輪軌道面と前記内輪軌道面との間に転動自在に設けられた転動体と、を有する転がり軸受の内部にグリースを補給するグリース補給機構を備えた転がり軸受用グリース補給装置であって、

前記グリース補給機構は、一回の補給量が $0.004\text{cc} \sim 0.1\text{cc}$ となるようにグリースを補給することを特徴とするグリース補給装置。

（５４） 前記グリース補給機構は、前記外輪に設けられた補給孔を含むことを特徴とする（５３）記載のグリース補給装置。

（５５） 前記グリース補給機構は、前記転がり軸受に近接した外輪間座に設けられた補給孔を含むことを特徴とする（５３）記載のグリース補給装置。

（５６） 前記転がり軸受は、前記転動体があるころであるころ軸受であることを特徴とする（５３）記載のグリース補給装置。

（５７） 前記転がり軸受は、接触角を有し、前記転動体が玉であるアンギュラ玉軸受であって、

前記グリース補給機構は、前記外輪軌道面の前記玉との接触部からずれた箇所に開口する補給孔を含むことを特徴とする（５３）記載のグリース補給装置。

（５８） 前記補給孔の直径が、 $0.1 \sim 5\text{mm}$ の範囲内であることを特徴とする（５３）～（５７）のいずれかに記載のグリース補給装置。

（５９） 前記転がり軸受は主軸を回転自在に支持しており、

前記主軸の回転速度に応じて、前記グリースを補給する補給タイミングを制御する制御手段と、をさらに有することを特徴とする（５３）記載のグリース補給装置。

(60) 前記制御手段は、回転速度を複数の領域に分割して前記領域毎に加算値を設定し、測定された前記回転速度に対応する前記加算値を単位時間毎に積算して積算値を求め、前記積算値が所定値以上となった場合に前記グリース補給機構にグリース補給を指示することを特徴とする(59)記載のグリース補給装置。

(61) 前記制御手段は、前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することを特徴とする(60)記載のグリース補給装置。

(62) 前記制御手段は、前記主軸の停止時は加算値を0とし積算を行わないことを特徴とする(60)又は(61)記載のグリース補給装置。

(63) 前記制御手段は、前記グリース補給機構内のグリース残量が所定値以下になったときに前記主軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御することを特徴とする(59)～(62)のいずれかに記載のグリース補給装置。

(64) 前記制御手段は、前記グリース補給機構内のグリース残量が所定値以下になったときに前記主軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御し、前記所定の回転速度は、前記複数の領域の最高回転速度領域の1つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする(60)～(62)のいずれかに記載のグリース補給装置。

(65) 前記グリース補給機構は、逆止弁及び定量吐出ピストンを備え、グリースを吐出するための機械式定量型ピストンポンプと、グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンク内ピストンとを有し、前記グリースタンクにはグリースの残存量を監視するセンサが設けられていることを特徴とする(53)記載のグリース補給装置。

(66) 前記センサが、前記グリースタンク内ピストンに取り付けられた磁石を有していることを特徴とする(65)記載のグリース補給装置。

(67) 前記グリースタンク内のグリースの圧力、若しくは前記機械式定量型ピストンポンプと前記グリースタンクを接続するグリース配管内のグリースの圧力を監視するセンサが設けられていることを特徴とする(65)又は(66)記載のグリース補給装置。



(68) 前記機械式定量型ピストンポンプがストロークしてグリースを吐出後、前記定量吐出ピストンが元に戻った状態で、前記グリースタンク内のグリースを加圧するために前記グリースタンク内ピストンに圧力を一定時間保持する機構が設けられていることを特徴とする(65)～(67)記載のいずれかに記載のグリース補給装置。

(69) 前記グリース補給機構は、前記グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンクから送給されたグリースを予め定められた量だけ収容するシリンダと、該シリンダ内に収容された定量のグリースをグリース補給用配管に吐出するように前記シリンダ内を往復移動可能に配された定量吐出ピストンと、前記シリンダの端部に配された逆止弁と、を有する機械式定量型ピストンポンプとを備えたことを特徴とする(53)記載のグリース補給装置。

(70) 前記機械式定量型ピストンポンプは、前記シリンダ内に媒体を供給するバルブを有し、前記定量吐出ピストンは、前記バルブより供給された前記媒体により駆動されることを特徴とする(69)記載のグリース補給装置。

(71) 前記グリース補給用配管は、テフロンチューブとしたことを特徴とする(69)又は(70)記載のグリース補給装置。

(72) 前記グリース補給機構は、前記外輪に形成され前記転がり軸受の内部へグリースを補給する少なくとも一つの補給孔と、前記外輪の外周に形成され前記補給孔を含む環状溝とを備え、

前記環状溝の断面積( $\text{mm}^2$ )を前記環状溝の断面周長さ(mm)で割った値が、0.25mm以上であることを特徴とする(53)記載のグリース補給装置。

(73) 前記グリース補給機構は、前記外輪に形成され前記転がり軸受の内部へグリースを補給する少なくとも一つの補給孔と、前記転がり軸受を介して前記主軸を支持するハウジングの内周に形成され前記補給孔に臨む環状溝を備え、

前記環状溝の断面積( $\text{mm}^2$ )を前記環状溝の断面周長さ(mm)で割った値が0.25mm以上であることを特徴とする(53)記載のグリース補給装置。

(74) 前記外輪の外周または前記ハウジングの内周には、前記補給孔の軸方向両側に一对の外側円環溝が形成されており、前記一对の外側円環溝にはOリン

グが嵌め込まれたことを特徴とする（７２）又は（７３）記載のグリース補給装置。

（７５） 前記ハウジングの内周と前記外輪の外周の隙間が  $30\text{ }\mu\text{m}$  以下であり、前記外輪の外径面と前記ハウジングが軸方向に接している部分の長さが  $1\text{ mm}$  以上であることを特徴とする（７２）又は（７３）記載のグリース補給装置。

（７６） （５３）～（７５）のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した工作機械用主軸装置。

（７７） （５３）～（７５）のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した高速モータ用高速主軸装置。

（７８） 主軸を回転自在に支持する転がり軸受の内部に追加グリースを補給するグリース補給機構と、

前記主軸の回転速度に応じて、前記グリース補給機構が前記追加グリースを補給する補給タイミングを制御する制御手段と、を有することを特徴とするグリース補給装置。

（７９） 前記制御手段は、回転速度を複数の領域に分割して前記領域毎に加算値を設定し、測定された前記回転速度に対応する前記加算値を単位時間毎に積算して積算値を求め、前記積算値が所定値以上となった場合に前記グリース補給機構に前記追加グリース補給を指示することを特徴とする（７８）記載のグリース補給装置。

（８０） 前記制御手段は、前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することを特徴とする（７９）記載のグリース補給装置。

（８１） 前記制御手段は、前記軸の停止時は加算値を０とし積算を行わないことを特徴とする（７９）又は（８０）記載のグリース補給装置。

（８２） 前記制御手段は、前記グリース補給機構内のグリース残量が所定値以下になったときに前記軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御することを特徴とする（７８）～（８１）のいずれかに記載のグリース補給装置。

（８３） 前記制御手段は、前記グリース補給機構内のグリース残量が所定値以

下になったときに前記軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御し、

前記所定の回転速度は、前記複数の領域の最高回転速度領域の1つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする(79)～(81)のいずれかに記載のグリース補給装置。

(84) (78)～(83)のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した工作機械用主軸装置。

(85) (78)～(83)のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した高速モータ用主軸装置。

(86) グリース潤滑される回転体に追加グリースを補給するグリース補給方法であって、

回転速度を複数の領域に分割するステップと、

前記複数の回転速度領域毎に加算値を設定するステップと、

単位時間毎に前記回転体の実回転速度を測定するステップと、

前記実回転速度が前記複数の領域のうち、どの領域に含まれるかを決定するステップと、

前記実回転速度を含む領域に対応する前記加算値を積算して積算値を求めるステップと、

前記積算値が所定値以上となった場合に追加グリースを補給する指示を発するステップと、を有することを特徴とするグリース補給方法。

(87) 前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することすることを特徴とする(86)記載のグリース補給方法。

(88) 前記軸の停止時は加算値を0とし積算を行わないことを特徴とする(86)又は(87)記載のグリース補給方法。

(89) グリース残存量が所定値以下となった場合に、前記実回転速度が所定値以下となるように制御するステップを有することを特徴とする(86)～(88)のいずれかに記載のグリース補給方法。

(90) 前記実回転速度の所定値は、前記複数の領域の最高回転速度領域の1つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする(89)記載のグリース補給方法。

(91) (86) ~ (90) のいずれかに記載のグリース補給方法を使用した工作機械用主軸装置。

(92) (86) ~ (90) のいずれかに記載のグリース補給方法を使用した高速モータ用主軸装置。

(93) グリース潤滑される回転体に追加グリースを補給するグリース補給プログラムであって、

回転速度を複数の回転速度領域に分割するステップと、

前記複数の回転速度領域毎に加算値を設定するステップと、

単位時間毎に前記回転体の実回転速度を測定するステップと、

前記実回転速度が前記複数の領域のうち、どの領域に含まれるかを決定するステップと、

前記実回転速度を含む領域に対応する前記加算値を積算して積算値を求めるステップと、

前記積算値が所定値以上となった場合に追加グリースを補給する指示を発するステップと、をコンピュータに実行させることを特徴とするグリース補給プログラム。

(94) 前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することを特徴とする(93)記載のグリース補給プログラム。

(95) 前記軸の停止時は加算値を0とし積算を行わないことを特徴とする(93)又は(94)記載のグリース補給プログラム。

(96) グリース残存量が所定値以下となった場合に、前記実回転速度が所定値以下となるように制御するステップを有することを特徴とする(93) ~ (95) のいずれかに記載のグリース補給プログラム。

(97) 前記実回転速度の所定値は、前記複数の領域の最高回転速度領域の1つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする(96)記載のグリース補給プログラム。

(98) (93) ~ (97) のいずれかに記載のグリース補給プログラムを使用した工作機械用主軸装置。

( 9 9 ) ( 9 3 ) ～ ( 9 7 ) のいずれかに記載のグリース補給プログラムを使用した高速モータ用主軸装置。

( 1 0 0 ) 逆止弁及び定量吐出ピストンを備え、グリースを吐出するための機械式定量型ピストンポンプと、前記グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンク内ピストンとを有し、前記グリースタンクには前記グリースの残存量を監視するセンサが設けられていることを特徴とするグリース補給装置。

( 1 0 1 ) 前記センサが、前記グリースタンク内ピストンに取り付けられた磁石を有していることを特徴とする ( 1 0 0 ) 記載のグリース補給装置。

( 1 0 2 ) 前記グリースタンク内の前記グリースの圧力、若しくは前記機械式定量型ピストンポンプと前記グリースタンクを接続するグリース配管内のグリースの圧力を監視するセンサが設けられていることを特徴とする ( 1 0 0 ) 又は ( 1 0 1 ) 記載のグリース補給装置。

( 1 0 3 ) 前記機械式定量型ピストンポンプがストロークしてグリースを吐出後、前記定量吐出ピストンが元に戻った状態で、前記グリースタンク内の前記グリースを加圧するために前記グリースタンク内ピストンに圧力を一定時間保持する機構が設けられていることを特徴とする ( 1 0 0 ) ～ ( 1 0 2 ) のいずれかに記載のグリース補給装置。

( 1 0 4 ) ( 1 0 0 ) ～ ( 1 0 3 ) のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した工作機械用主軸装置。

( 1 0 5 ) ( 1 0 0 ) ～ ( 1 0 3 ) のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した高速モータ用主軸装置。

( 1 0 6 ) 前記センサが、異常を検知した際に回転速度の上限を制御することを特徴とする ( 1 0 4 ) 又は ( 1 0 5 ) に記載の主軸装置。

#### < 図面の簡単な説明 >

図 1 は、本発明に係る第 1 実施形態を示す断面図であり、

図 2 は、本発明に係る第 2 実施形態を示す断面図であり、

図 3 は、本発明に係る第 3 実施形態を示す断面図であり、

図 4 は、本発明に係る第 4 実施形態を示す断面図であり、

図 5 は、本発明に係る第 5 実施形態を示す断面図であり、  
図 6 は、本発明に係る第 6 実施形態を示す断面図であり、  
図 7 は、本発明に係る第 7 実施形態を示す断面図であり、  
図 8 は、本発明に係る第 8 実施形態を示す断面図であり、  
図 9 は、本発明に係る第 9 実施形態を示す断面図であり、  
図 10 は、本発明に係る第 10 実施形態を示す断面図であり、  
図 11 は、本発明に係る第 11 実施形態を示す断面図であり、  
図 12 は、本発明に係る第 12 実施形態を示す断面図であり、  
図 13 は、本発明に係る第 13 実施形態を示す断面図であり、  
図 14 は、本発明に係る第 14 実施形態を示す断面図であり、  
図 15 は、本発明に係る第 15 実施形態を示す断面図であり、  
図 16 は、本発明に係る第 1 ～ 15 実施形態に記載の転がり軸受を用いて構成されるスピンドル装置を示す断面図であり、

図 17 は、本発明に係る第 16 ～ 17 実施形態に記載の転がり軸受を用いて構成されるスピンドル装置を示す断面図であり、

図 18 は、図 17 に示すスピンドル装置の拡大断面図であり、本発明の第 16 実施形態を示す図であり、

図 19 は、図 17 に示すスピンドル装置の拡大断面図であり、本発明の第 17 実施形態を示す図であり、

図 20 は、本発明に係る第 16 実施形態の第 1 変形例を示す断面図であり、

図 21 は、本発明に係る第 16 実施形態の第 2 変形例を示す断面図であり、

図 22 は、本発明に係る第 16 実施形態の第 3 変形例を示す断面図であり、

図 23 は、本発明に係る第 16 実施形態の第 4 変形例を示す断面図であり、

図 24 は、本発明に係る第 16 実施形態の第 5 変形例を示す断面図であり、

図 25 は、実施例 2 の温度脈動試験に用いられた試験用主軸装置を示す図であり、

図 26 は、実施例 2 の脈動確認試験の結果を示すグラフであり、(a) はグリース補給量が 0.035 cc の場合、(b) はグリース補給量が 0.10 cc の場合、

(c) はグリース補給量が 0.15 cc の場合、(d) はグリース補給量が 0.30 cc の場合、そして (e) はグリース補給量が 0.60 cc の場合を示す図であり、

図 27 (a) は、本発明に係る第 18 実施形態を示す断面図であり、

図 27 (b) は、図 27 (a) の転がり軸受外周の平面図であり、

図 28 (a) は、本発明に係る第 19 実施形態を示す断面図であり、

図 28 (b) は、図 28 (a) のハウジング内周の平面図であり、

図 29 (a) は、本発明に係る第 20 実施形態を示す断面図であり、

図 29 (b) は、図 29 (a) の転がり軸受外周の平面図であり、

図 30 (a) は、本発明に係る第 21 実施形態を示す断面図であり、

図 30 (b) は、図 30 (a) のハウジング内周の平面図であり、

図 31 は、本発明に係る軸受のグリース補給装置の第 22 実施形態を示す断面図であり、

図 32 は、本発明に係る軸受のグリース補給装置の第 23 実施形態を示す断面図であり、

図 33 は、本発明に係る軸受のグリース補給装置の第 24 実施形態を示す断面図であり、

図 34 は、本発明に係る第 25 実施形態を示す図であり、

図 35 (a) は、本発明に係る第 26 実施形態を示す断面図であり、

図 35 (b) は、図 35 (a) の側面図であり、

図 36 (a) は、本発明に係る第 27 実施形態を示す断面図であり、

図 36 (b) は、図 36 (a) の側面図であり、

図 37 (a) は、本発明に係る第 28 実施形態を示す断面図であり、

図 37 (b) は、図 37 (a) の側面図であり、

図 38 (a) は、本発明に係る第 29 実施形態を示す断面図であり、

図 38 (b) は、図 38 (a) の側面図であり、

図 39 は、本発明に係る評価試験 1 に使用した軸受を示す図であり、

図 40 は、本発明に係る評価試験 2 に使用した軸受を示す図であり、

図 4 1 は、本発明に係る第 3 0 実施形態の軸受装置の断面図であり、

図 4 2 は、本発明に係る第 3 0 実施形態のグリース補給システムを示すブロック図であり、

図 4 3 は、本発明に係る第 3 0 実施形態の制御装置の詳細を示すブロック図であり、

図 4 4 は、本発明に係る第 3 0 実施形態のグリース補給タイミング算出のための処理を示すフローチャートであり、

図 4 5 は、本発明に係る第 3 0 実施形態のグリース補給動作を示すタイムチャートであり、

図 4 6 は、本発明に係る第 3 1 実施形態のグリース補給タイミング算出のための処理を示すフローチャートであり、

図 4 7 は、本発明に係る第 3 1 実施形態のグリース補給動作を示すタイムチャートであり、

図 4 8 は、本発明に係る第 3 2 実施形態の軸受装置の断面図であり、

図 4 9 は、本発明に係る第 3 3 実施形態のグリース補給システムを示すブロック図であり、

図 5 0 は、本発明に係る第 3 3 実施形態のグリース補給システムが適用されるスピンドルを示す図であり、

図 5 1 は、本発明に係る第 3 3 実施形態の制御フローを示すフローチャートであり、

図 5 2 は、本発明に係る第 3 3 実施形態の積算処理を示すフローチャートであり、

図 5 3 は、本発明に係る第 3 3 実施形態のエア圧力チェックを示すフローチャートであり、

図 5 4 は、本発明に係る第 3 3 実施形態のグリース圧力チェックを示すフローチャートであり、

図 5 5 は、本発明に係る第 3 3 実施形態のレベルチェックを示すフローチャートであり、



図 5 6 は、本発明の第 3 4 実施形態に係るグリース補給装置の構成図であり、  
図 5 7 は、第 3 4 実施形態に係るグリース補給装置のグリースタンクの断面図であり、

図 5 8 は、第 3 4 実施形態に係るグリース補給装置のセンサ反応時のグリースタンクの断面図であり、

図 5 9 は、図 5 6 における第 3 4 実施形態に係るグリース補給装置の回路図であり、

図 6 0 は、図 5 9 における第 3 4 実施形態に係るグリース補給装置の制御方法を示す図であり、

図 6 1 は、本発明の第 3 5 実施形態に係るグリース補給装置を示す構成図であり、

図 6 2 は、図 6 1 における本発明のグリース補給装置の回路図であり、

図 6 3 は、図 6 2 における本発明のグリース補給装置の制御方法を示す図であり、

図 6 4 は、本発明の第 3 6 実施形態に係るグリース補給装置を示す回路図であり、

図 6 5 は、図 6 4 における本発明のグリース補給装置の制御方法を示す図であり、

図 6 6 は、タンク内グリースと時間の関係を表すグラフであり、

図 6 7 は、本発明のグリース補給装置の第 3 7 実施形態を示す断面図であり、

図 6 8 は、図 6 7 におけるグリース補給装置要部の断面図であり、

図 6 9 は、図 6 7 におけるグリース補給装置のグリース吐出前状態を説明する断面図であり、

図 7 0 は、図 6 7 におけるグリース補給装置のグリース吐出状態を説明する断面図であり、

図 7 1 は、本発明のグリース補給装置の第 3 8 実施形態を示す断面図であり、

図 7 2 (a) は、本発明のグリース補給装置の第 3 9 実施形態の要部におけるグリース吐出状態を説明する断面図であり、

図 7 2 (b) は、図 7 2 (a) のグリース吐出前状態を説明する断面図であり、  
図 7 3 (a) は、本発明のグリース補給装置の第 4 0 実施形態の要部における  
グリース吐出状態を説明する断面図であり、

図 7 3 (b) は、図 7 3 (a) のグリース吐出前状態を説明する断面図であり、  
図 7 4 は、本発明のグリース補給装置の第 4 1 実施形態を示す断面図であり、  
図 7 5 は、本発明のグリース補給装置の第 4 2 実施形態を示す断面図であり、  
図 7 6 は、本発明のグリース補給装置の第 4 3 実施形態を示す断面図であり、  
図 7 7 は、本発明の第 4 4 実施形態の主軸装置を示す模式図であり、  
図 7 8 は、本発明の第 4 4 実施形態のスピンドルを示す断面図であり、  
図 7 9 は、本発明の第 4 5 実施形態の主軸装置を示す模式図であり、  
図 8 0 は、本発明の第 4 6 実施形態の主軸装置を示す模式図であり、  
図 8 1 は、本発明の第 4 7 実施形態の主軸装置を示す模式図であり、  
図 8 2 は、本発明の第 4 8 実施形態の主軸装置を示す模式図であり、  
図 8 3 は、本発明の第 4 9 実施形態のスピンドルを示す断面図であり、  
図 8 4 は、本発明の実験を行った試験機を示す断面図であり、  
図 8 5 は、本発明の実施例の試験条件を示す図であり、  
図 8 6 は、本発明の実施例の試験結果を示す図であり、  
図 8 7 は、本発明の実施例の試験条件を示す図であり、  
図 8 8 は、本発明の実施例の試験結果を示す図であり、  
図 8 9 は、本発明の実施例の試験条件を示す図であり、  
図 9 0 は、本発明の実施例の試験結果を示す図であり、  
図 9 1 は、実験に用いたころ軸受を示す断面図であり、  
図 9 2 は、グリースの供給量を検証する際のグリースの供給様式を説明するた  
めの模式図であり、

図 9 3 は、本発明に係る主軸装置の第 5 0 実施形態の要部を示した断面図であ  
り、

図 9 4 は、第 5 0 の実施形態で採用した切削液検出センサを示した概念図であ  
り、

図 9 5 は、本発明に係る主軸装置の第 5 1 実施形態の要部を示した断面図であり、

図 9 6 は、本発明に係る主軸装置の第 5 2 実施形態の要部を示した断面図であり、

図 9 7 は、本発明に係る主軸装置の第 5 3 実施形態の要部を示した断面図であり、

図 9 8 は、本発明に係る主軸装置の第 5 4 施形態の要部を示した断面図であり、

図 9 9 は、本発明に係る主軸装置の第 5 5 施形態の要部を示した断面図であり、

図 1 0 0 は、本発明の主軸装置を備えた工作機械の制御システムを示した図であり、

図 1 0 1 は、切削液検出センサの出力信号を時系列で測定したグラフであり、

図 1 0 2 は、本発明の第 5 6 実施形態を示す断面図であり、

図 1 0 3 は、本発明の第 5 6 実施形態の外輪間座の切り欠きを示す図であり、

図 1 0 4 は、本発明の第 5 7 実施形態を示す断面図であり、

図 1 0 5 は、本発明の第 5 7 実施形態の潤滑剤が通り抜ける穴を示す図であり、

図 1 0 6 は、本発明の第 5 8 実施形態を示す断面図であり、

図 1 0 7 は、本発明の第 5 9 実施形態を示す断面図であり、

図 1 0 8 は、本発明の第 6 0 実施形態を示す断面図であり、

図 1 0 9 は、本発明の第 6 1 実施形態を示す断面図であり、

図 1 1 0 は、本発明の第 6 2 実施形態を示す断面図であり、

図 1 1 1 は、本発明の第 6 3 実施形態を示す断面図であり、

図 1 1 2 は、本発明と従来例との試験結果を示す図であり、

図 1 1 3 は、従来のグリース補給装置の構成図であり、

図 1 1 4 は、従来の別のグリース補給装置を示す断面図であり、

図 1 1 5 は、従来の更に別のグリース補給装置を示す断面図であり、

図 1 1 6 は、従来のまた更に別のグリース補給装置を示す断面図であり、

図 1 1 7 は、従来の主軸装置の要部を示した断面図であり、

図 1 1 8 は、従来の別の主軸装置の要部を示した断面図であり、

図 1 1 9 は、従来例を示す断面図であり、

図 1 2 0 は、別の従来例を示す断面図であり、

図 1 2 1 は、従来のグリース補給装置を示す断面図である。

#### <発明を実施するための最良の形態>

以下、図面に基づいて本発明の実施形態を説明する。

##### (第 1 実施形態)

図 1 に示す本発明に係る第 1 実施形態のアンギュラ玉軸受 1 0 は、外周面に内輪軌道 1 1 a を有する内輪 1 1、内周面に外輪軌道 1 2 a を有する外輪 1 2、内外輪 1 1、1 2 間に形成された内輪軌道 1 1 a 及び外輪軌道 1 2 a に沿って複数配置された玉 1 3 及び玉 1 3 を円周方向等間隔に保持する保持器 1 4 を備えている。本実施形態のアンギュラ玉軸受 1 0 は、工作機械の主軸支持用に用いられる外輪カウンタボア軸受である。

本実施形態においては、外輪 1 2 のカウンタボア側（図 1 では右側）に、外輪 1 2 を径方向に貫通する本発明のグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔 1 5 が設けられている。補給孔 1 5 は、直径 0.1～5 mm の円形断面を有している。補給孔 1 5 は、外輪 1 2 の内径面の、外輪軌道 1 2 a に隣接する箇所に開口している。

補給孔 1 5 は、外輪 1 2 の周方向に間隔をあけた複数箇所に設けられてもよい。なお、補給孔 1 5 は、接触部 1 2 b のある側に設けられてもよく、接触部 1 2 b 以外の部分に設ければよい。

アンギュラ玉軸受 1 0 の軸受空間には、軸受空間容積の 1 0～2 0 % の量のグリースが初期封入される。ここで、軸受空間容積とは、外輪内径と内輪外径との間にできる空間から、転動体の体積及び保持器の体積を差し引いた容積を意味する。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔 1 5 を介して、一回の補給量が 0.004 cc～0.1 cc となるようにグリースショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、0.12 cc である。また、一回のグリース補給量は、温度の脈動の発生防止を考慮すると、0.

0.01cc～0.03ccであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受10が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

## (第2実施形態)

図2に示す本発明に係る第2実施形態のアンギュラ玉軸受20は、内輪21、外輪22、内外輪21の内輪軌道21aと外輪22の外輪軌道22aとの間に複数配置された玉23及び玉23を円周方向等間隔に保持する保持器24を備えている。

本実施形態においては、外輪22のカウンタボア側（図2では右側）に、外輪22を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔25が設けられている。補給孔25の外輪内径面側には、グリースだまり25aが形成されている。グリースだまり25aの断面積は、補給孔25の他の部分の断面積より大きい。補給孔25は、グリースだまり25aを有しているため、段付き円柱状空間となっている。グリースだまり25aは、外輪22の内径面であって、外輪軌道22aに隣接する箇所位置している。以下に説明する他の実施形態においても、補給孔がグリースだまりを有してもよい。

アンギュラ玉軸受20の軸受空間には、軸受空間容積の10～20%の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔25を介して、一回の補給量が0.004cc～0.1ccとなるようにグリースショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、0.12ccである。また、一回のグリース補給量は、温度の脈動の発生防止を考慮すると、0.01cc～0.03ccであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受20が取り付けられる工作機械の軸精

度の劣化を防ぐことができる。

#### (第3実施形態)

図3に示す本発明に係る第3実施形態のアンギュラ玉軸受30は、内輪31、外輪32、内輪31の内輪軌道31aと外輪32の外輪軌道32aとの間に複数配置された玉33及び玉33を円周方向等間隔に保持する保持器34を備えている。本実施形態のアンギュラ玉軸受30は、内輪カウンタボア軸受である。

本実施形態においては、外輪32の外輪軌道32aであって接触部32bのある側(図3では右側)の反対側に、外輪32を径方向に貫通するグリース補給装置(或いはグリース補給機構)としての補給孔35が開口している。尚、補給孔35は、接触部32bのある側であってもよく、接触部32b以外の部分に設ければよい。

アンギュラ玉軸受30の軸受空間には、軸受空間容積の10～20%の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで(間欠的、定期的に)、補給孔35を介して、一回の補給量が0.004cc～0.1ccとなるようにグリースショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、0.12ccである。また、一回のグリース補給量は、温度の脈動の発生防止を考慮すると、0.01cc～0.03ccであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受30が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

#### (第4実施形態)

図4に示す本発明に係る第4実施形態のアンギュラ玉軸受40は、内輪41、外輪42、内輪41の内輪軌道41aと外輪42の外輪軌道42aとの間に複数配置された玉43及び外輪案内の保持器44を備えている。本実施形態のアンギュラ玉軸受40は、外輪カウンタボア軸受である。

本実施形態においては、外輪42のカウンタボア側(図4では右側)に、外輪

4 2 を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔 4 5 が設けられている。補給孔 4 5 は、保持器 4 4 の片側（図 4 では右側）の案内面 4 4 a に向けて開口している。

アンギュラ玉軸受 4 0 の軸受空間には、軸受空間容積の 1 0 ～ 2 0 % の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔 4 5 を介して、一回の補給量が 0. 0 0 4 c c ～ 0. 1 c c となるようにグリースショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、0. 1 2 c c である。また、一回のグリース補給量は、温度の脈動の発生防止を考慮すると、0. 0 1 c c ～ 0. 0 3 c c であることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受 4 0 が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

#### （第 5 実施形態）

図 5 に示す本発明に係る第 5 実施形態のアンギュラ玉軸受 5 0 は、内輪 5 1、外輪 5 2、内輪 5 1 の内輪軌道 5 1 a と外輪 5 2 の外輪軌道 5 2 a との間に複数配置された玉 5 3 及び外輪案内の保持器 5 4 を備えている。本実施形態のアンギュラ玉軸受 5 0 は、外輪カウンタボア軸受である。

本実施形態においては、外輪 5 2 の反カウンタボア側（図では左側）に、外輪 5 2 を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔 5 5 が設けられている。補給孔 5 5 は、保持器 5 4 の片側（図では左側）の案内面 5 4 a に向けて開口している。

アンギュラ玉軸受 5 0 の軸受空間には、軸受空間容積の 1 0 ～ 2 0 % の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔 5 5 を介して、一回の補給量が 0. 0 0 4 c c ～ 0. 1 c c となるようにグリースショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上

限は、 $0.12\text{cc}$ である。また、一回のグリース補給量は、温度の脈動の発生防止を考慮すると、温度の脈動の発生防止を考慮すると、 $0.01\text{cc} \sim 0.03\text{cc}$ であることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受50が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

#### (第6実施形態)

図6に示す本発明に係る第6実施形態の複列円筒ころ軸受60は、内輪61、外輪62、内輪61の内輪軌道61aと外輪62の外輪軌道62aとの間に2列に複数配置された円筒ころ63及び各列の円筒ころ63を円周方向等間隔に保持する保持器64を備えている。本実施形態の複列円筒ころ軸受60は、工作機械の主軸支持用転がり軸受である。

本実施形態においては、外輪62の軸方向中央部に、外輪62を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔65が設けられている。補給孔65は、直径 $0.1 \sim 5\text{mm}$ の円形断面を有している。補給孔65は、それぞれの保持器64の、2列の円筒ころ63の間に位置する部分に向けて開口している。

本実施形態においては、外輪外径面の軸方向中央部に、補給孔65に連通する溝65bを設けて、補給孔65にグリースGrをショットし易くしているが、溝65bはなくてもよい。

円筒ころ軸受60の軸受空間には、軸受空間容積の $8 \sim 15\%$ の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔65を介して、一回の補給量が1列につき $0.004\text{cc} \sim 0.1\text{cc}$ となるようにグリースGrをショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、 $0.12\text{cc}$ である。また、円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合に



は、一列につき一回のグリース補給量が $0.005\text{cc} \sim 0.02\text{cc}$ であることが特に好ましい。

保持器64に向けてショットされたグリース $G_r$ は、軸受回転に伴って、内外輪の軌道面の円周上に均一に塗布される。こうして、ショットされたグリース $G_r$ による新しい油膜が形成される。必要最低限のグリース以外は、転動面外側にかき出されて土手のような形状になる。その状態のグリースから微量な基油が漏れて、転動面や保持器案内面が潤滑される。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、複列円筒ころ軸受60が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

#### (第7実施形態)

図7に示す本発明に係る第7実施形態の複列円筒ころ軸受70は、内輪71、外輪72、内輪71の内輪軌道71aと外輪72の外輪軌道72aとの間に2列に複数配置された円筒ころ73及び各列の円筒ころ73を円周方向等間隔に保持する保持器74を備えている。

本実施形態においては、外輪72に、外輪72を径方向に貫通するグリース補給装置(或いはグリース補給機構)としての補給孔75が、軸方向に見て複数(ここでは2本)設けられている。補給孔75は、各列の円筒ころ73の転動面に向けて開口している。外輪外径面には、2列の溝75bが設けられている。

円筒ころ軸受70の軸受空間には、軸受空間容積の8～15%の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで(間欠的、定期的に)、補給孔75を介して、一列につき一回の補給量が $0.004\text{cc} \sim 0.1\text{cc}$ となるようにグリース $G_r$ をショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、 $0.12\text{cc}$ である。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一列につき一回のグリース補給量が $0.005\text{cc} \sim 0.02\text{cc}$ であることが特に好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣

化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、複列円筒ころ軸受 70 が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

#### (第 8 実施形態)

図 8 に示す本発明に係る第 8 実施形態の単列円筒ころ軸受 80 は、内輪 81、外輪 82、内輪 81 の内輪軌道 81a と外輪 82 の外輪軌道 82a との間に複数配置された円筒ころ 83 及び外輪案内の保持器 84 を備えている。

本実施形態においては、外輪 82 に、外輪 82 を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔 85 が、軸方向に見て 2 本設けられている。各補給孔 85 は、円筒ころ 83 の軸方向両側に位置する、保持器 84 の案内面に向けて開口している。外輪外径面には、2 列の溝 85b が設けられている。

図示しないが、片側の保持器案内面に向けて開口する、軸方向に見て 1 本の補給孔を設けた構成とすることもできる。

円筒ころ軸受 80 の軸受空間には、軸受空間容積の 8 ～ 15 % の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔 85 を介して、一回の補給量が 0.004 cc ～ 0.1 cc となるようにグリース Gr をショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、0.12 cc である。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一回のグリース補給量が 0.005 cc ～ 0.02 cc であることが特に好ましい。以上を示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、単列円筒ころ軸受 80 が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

#### (第 9 実施形態)

図 9 に示す本発明に係る第 9 実施形態の単列円筒ころ軸受 9 0 は、内輪 9 1、外輪 9 2、内輪 9 1 の内輪軌道 9 1 a と外輪 9 2 の外輪軌道 9 2 a との間に複数配置された円筒ころ 9 3 及び外輪案内の保持器 9 4 を備えている。

本実施形態においては、外輪 9 2 の軸方向中央部に、外輪 9 2 を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔 9 5 が設けられている。補給孔 9 5 は、円筒ころ 9 3 の転動面に向けて開口している。外輪外径面の軸方向中央部には、溝 9 5 b が設けられている。

円筒ころ軸受 9 0 の軸受空間には、軸受空間容積の 8 ～ 15 % の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔 9 5 を介して、一回の補給量が 0.004 cc ～ 0.1 cc となるようにグリース Gr をショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、0.12 cc である。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一回のグリース補給量が 0.005 cc ～ 0.02 cc であることが特に好ましい。以上を示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、単列円筒ころ軸受 9 0 が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

#### （第 10 実施形態）

図 10 に示す本発明第 10 実施形態の単列円筒ころ軸受 100 は、内輪 101、外輪 102、内輪 101 の内輪軌道 101 a と外輪 102 の外輪軌道 102 a との間に複数配置された円筒ころ 103 及び外輪案内の保持器 104 を備えている。

本実施形態においては、外輪 102 に、外輪 102 を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔 105 が、軸方向に見て 2 本設けられている。各補給孔 105 は、円筒ころ 103 の軸方向両端面と保持器 104 の案内面との間に向けて開口している。外輪外径面には、2 列の溝 10

5 b が設けられている。

図示しないが、径方向に見て 1 本の補給孔を設けた構成とすることもできる。

円筒ころ軸受 1 0 0 の軸受空間には、軸受空間容積の 8 ～ 1 5 % の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔 1 0 5 を介して、一回の補給量が 0 . 0 0 4 c c ～ 0 . 1 c c となるようにグリース G r をショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、0 . 1 2 c c である。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一回のグリース補給量が 0 . 0 0 5 c c ～ 0 . 0 2 c c であることが特に好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、単列円筒ころ軸受 1 0 0 の軸精度の劣化を防ぐことができる。

#### （第 1 1 実施形態）

図 1 1 に示す本発明第 1 1 実施形態の単列円筒ころ軸受 1 1 0 は、内輪 1 1 1、外輪 1 1 2、内輪 1 1 1 の内輪軌道 1 1 1 a と外輪 1 1 2 の外輪軌道 1 1 2 a との間に複数配置された円筒ころ 1 1 3 及び外輪案内の保持器 1 1 4 を備えている。

本実施形態においては、外輪 1 1 2 の軸方向中央部に、外輪 1 1 2 を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔 1 1 5 が設けられている。補給孔 1 1 5 は、グリースをショットするノズル 2 6 0 の、先端テーパ形状に対応するテーパ形状になっており、外径面側から内径面側に向かうにつれて直径が減少している。すなわち、補給孔 1 1 5 は、円錐台状空間になっている。補給孔 1 1 5 は、円筒ころ 1 1 3 の転動面に向けて開口している。

円筒ころ軸受 1 1 0 の軸受空間には、軸受空間容積の 8 ～ 1 5 % の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔 1 1 5

を介して、一回の補給量が0.004cc～0.1ccとなるようにグリースGrをショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、0.12ccである。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一回のグリース補給量が0.005cc～0.02ccであることが特に好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、単列円筒ころ軸受110が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

#### (第12実施形態)

図12に示す本発明に係る第12実施形態の単列円筒ころ軸受120は、内輪121、二つの鰐122bを有する外輪122、内輪121の内輪軌道121aと外輪122の外輪軌道122aとの間に配置された円筒ころ123及び外輪案内の保持器124を備えている。

円筒ころ123は、外輪122の内周面である鰐122b間に形成された外輪軌道122aおよび内輪121の外周面に形成された内輪軌道121aに沿って転動可能に配置されている。外輪軌道122aの両端部には、円筒ころ123のエッジ部123aと対向する位置に、凹部である逃げ部122cが設けられ、エッジ部123aとの干渉を避ける構造となっている。

本実施形態においては、外輪122を径方向に貫通し、外輪122の逃げ部122cの一方に連通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての一つの補給孔125が形成されている。追加グリースは、外部から補給孔125を介して径方向に転がり軸受120の内部の逃げ部122cに補給される。

円筒ころ軸受120の軸受空間には、軸受空間容積の8～15%の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔125を介して、一回の補給量が0.004cc～0.1ccとなるようにグリースG

r をショットする。補給されたグリースは、補給されたグリースは、円筒ころ 123 の転動に伴い、軸受内部全体に馴染み、不足したグリースを補う。

グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、0.12 cc である。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一回のグリース補給量が 0.005 cc ~ 0.02 cc であることが特に好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、単列円筒ころ軸受 120 が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

### (第 13 実施形態)

図 13 に示す本発明の第 13 実施形態の単列円筒ころ軸受 130 は、内輪 131、二つの鏝 132b を有する外輪 132、内輪 131 の内輪軌道 131a と外輪 132 の外輪軌道 132a との間に配置された二つの円筒ころ 133 及び外輪案内の保持器 134 を備えている。

円筒ころ 133 は、外輪 132 の内周面である鏝 132b 間に形成された外輪軌道 132a および内輪 131 の外周面に形成された内輪軌道 131a に沿って転動可能に配置されている。外輪軌道 132a の両端部には、円筒ころ 133 のエッジ部 133a と対向する位置に、凹部である逃げ部 132c が設けられ、エッジ部 133a との干渉を避ける構造となっている。

本実施形態においては、外輪 132 を径方向に貫通し、外輪 132 の逃げ部 132c のそれぞれに連通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての二つの補給孔 135 が形成されている。追加グリースは、外部から補給孔 135 を介して径方向に転がり軸受 130 の内部の逃げ部 132c に補給される。

円筒ころ軸受 130 の軸受空間には、軸受空間容積の 8 ~ 15 % の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔 135

を介して、一回の補給量が0.004cc～0.1ccとなるようにグリースGrをショットする。補給されたグリースは、補給されたグリースは、円筒ころ133の転動に伴い、軸受内部全体に馴染み、不足したグリースを補う。

グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、0.12ccである。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一回のグリース補給量が0.005cc～0.02ccであることが特に好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、単列円筒ころ軸受130が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

#### (第14実施形態)

図14に示す本発明の第14実施形態の複列円筒ころ軸受140は、内輪141、外輪142、内輪141の内輪軌道141aと外輪142の外輪軌道142aとの間に配置された円筒ころ143及び外輪案内の保持器144を備えている。

外輪142は、軸方向両端に形成された二つの鰐142bと内径面中央に形成された鰐142dとを有している。鰐142bと鰐142dとの間には、それぞれ二つの外輪軌道142aが形成されている。

二つの円筒ころ143は、二つの外輪軌道142aおよび内輪141の外周面に形成された内輪軌道141aに沿ってそれぞれ転動可能に配置されている。外輪軌道142aの両端部のそれぞれには、円筒ころ143のエッジ部143aと対向する位置に、凹部である逃げ部142cが設けられ、エッジ部143aとの干渉を避ける構造となっている。

本実施形態においては、外輪142を径方向に貫通し、それぞれの外輪軌道142aの両端部に設けられた逃げ部142cの一方に連通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての二つの補給孔145が設けられている。追加グリースは、外部から補給孔145を介して径方向に転がり軸受140の内部

の逃げ部 1 4 2 c に補給される。

円筒ころ軸受 1 4 0 の軸受空間には、軸受空間容積の 8 ～ 1 5 % の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔 1 4 5 を介して、一列につき一回の補給量が 0 . 0 0 4 c c ～ 0 . 1 c c となるようにグリース G r をショットする。補給されたグリースは、補給されたグリースは、円筒ころ 1 4 3 の回転に伴い、軸受内部全体に馴染み、不足したグリースを補う。

グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、0 . 1 2 c c である。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一列につき一回のグリース補給量が 0 . 0 0 5 c c ～ 0 . 0 2 c c であることが特に好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、複列円筒ころ軸受 1 4 0 が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

#### （第 1 5 実施形態）

図 1 5 に示す本発明の第 1 5 実施形態の複列円筒ころ軸受 1 5 0 は、内輪 1 5 1、外輪 1 5 2、内輪 1 5 1 の内輪軌道 1 5 1 a と外輪 1 5 2 の外輪軌道 1 5 2 a との間に配置された円筒ころ 1 5 3 及び外輪案内の保持器 1 5 4 を備えている。

外輪 1 5 2 は、軸方向両端に形成された二つの鰐 1 5 2 b と内径面中央に形成された鰐 1 5 2 d とを有している。鰐 1 5 2 b と鰐 1 5 2 d との間には、それぞれ二つの外輪軌道 1 5 2 a が形成されている。

二つの円筒ころ 1 5 3 は、二つの外輪軌道 1 5 2 a および内輪 1 5 1 の外周面に形成された内輪軌道 1 5 1 a に沿ってそれぞれ回転可能に配置されている。外輪軌道 1 5 2 a 両端部のそれぞれには、円筒ころ 1 5 3 のエッジ部 1 5 3 a と対向する位置に、凹部である逃げ部 1 5 2 c が設けられ、エッジ部 1 5 3 a との干渉を避ける構造となっている。



本実施形態においては、外輪 1 5 2 を径方向に貫通し、それぞれの外輪軌道 1 5 2 a の両端部に設けられた逃げ部 1 5 2 c のそれぞれに連通するグリース補給装置(或いはグリース補給機構)としての四つの補給孔 1 5 5 が設けられている。追加グリースは、外部から補給孔 1 5 5 を介して径方向に転がり軸受 1 5 0 の内部の逃げ部 1 5 2 c に補給される。

円筒ころ軸受 1 5 0 の軸受空間には、軸受空間容積の 8 ～ 1 5 % の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで(間欠的、定期的に)、補給孔 1 5 5 を介して、一列につき一回の補給量が 0. 0 0 4 c c ～ 0. 1 c c となるようにグリース G r をショットする。補給されたグリースは、補給されたグリースは、円筒ころ 1 5 3 の転動に伴い、軸受内部全体に馴染み、不足したグリースを補う。

グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、0. 1 2 c c である。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一列につき一回のグリース補給量が 0. 0 0 5 c c ～ 0. 0 2 c c であることが特に好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、複列円筒ころ軸受 1 5 0 が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

なお、図 1 ～ 図 1 5 に示した転がり軸受において、外輪外径面に溝を設けたものと無いものがあるが、全ての転がり軸受について溝を設けることも設けないことも可能である。

また、外輪外径面もしくはハウジング内径面に O リングを設けて、グリース漏れを防ぐことも可能である。

図 1 6 は、本発明に係る第 1 ～ 1 5 実施形態に記載の転がり軸受を用いて構成される工作機械用主軸装置としてのスピンドル装置 1 6 0 を示す図である。このスピンドル装置 1 6 0 は、主軸ハウジング 1 6 1 内に第 1 実施形態の外輪溝付き

タイプのアンギュラ玉軸受 10 及び第 10 実施形態の補給孔片側 1 本の円筒ころ軸受 100 を用いて主軸 171 を支持している。なお、図 16 の主軸装置は、例示のために異種の軸受を用いているが、同種の軸受のみから構成するようにしてもよい。

主軸ハウジング 161 は、ハウジング本体 162 と、ハウジング本体 162 の前端（図中左側）に内嵌固定された前側軸受ハウジング 163 と、ハウジング本体 162 の後側（図中右側）に内嵌固定された後側ハウジング 164 とを備えている。前側軸受ハウジング 163 の端部には、外輪押さえ部材 165 及び内輪押さえ部材 166 が設けられており、外輪押さえ部材 165 と内輪押さえ部材 166 との間には、ラビリンスが形成されている。主軸ハウジング 161 の後端面は、カバー 170 によって覆われている。

主軸 171 は、前側軸受ハウジング 163 に外嵌する 2 つの転がり軸受 10, 10（図 1 に示すものと同等）と、後側軸受ハウジング 164 に外嵌する 1 つの円筒ころ軸受 100（図 10 に示すものと同等の補給孔 1 本のタイプ）に内嵌することにより、主軸ハウジング 161 によって回転自在に支承されている。2 つの転がり軸受 10, 10 の外輪 12, 12 間には、外輪間座 180 が配置されており、また内輪 11, 11 間には、内輪間座 176 が配置されている。

主軸 171 の軸方向の略中央部には、ロータ 186 が外嵌固定されている。ロータ 186 の外周面側には、ステータ 187 が所定距離離れて同軸配置されている。ステータ 187 は、ステータ 187 の外周面側に配置されたステータ固定部材 188 を介してハウジング本体 162 に固定されている。ハウジング本体 162 とステータ固定部材 188 との間には、主軸 171 の周方向に沿う方向に複数の溝 178 が形成されている。この複数の溝 178 内には、ステータ 187 の冷却用の冷媒が流される。

同様に、ハウジング本体 162 と前側軸受ハウジング 163 との間であって、アンギュラ玉軸受 10 の外周側にあたる部位には、ハウジングおよび軸受冷却用の冷媒が流される複数の溝 177 が形成されている。

この主軸ハウジング 161 の後端面には、軸受 10, 10, 100 のそれぞれ

にグリース供給を行うためのグリースが供給される３個のグリース供給口１９２が周方向に沿って開口している（図１６には一つのみ図示）。これらの３つのグリース供給口１９２は、ハウジング本体１６２、前側軸受ハウジング１６３及び後側軸受ハウジング１６４内に形成されたグリース供給路１９３ａ、１９３ｂ、１９３ｃにそれぞれ連通している（図１６では、便宜上、各グリース供給路１９３ａ、１９３ｂ、１９３ｃを同一断面に図示している）。これにより、本実施形態のスピンドル装置１６０は、外部に設けられたグリース供給器１９０からグリース供給管１９１を介して主軸ハウジング１６１内にグリース供給可能に構成されている。

グリース供給路１９３ａは、単列円筒ころ軸受１００の外輪側に対応して形成された開口１９６に連通しており、グリース供給路１９３ｂは、前側（図左側）に配置されたアンギュラ玉軸受１０の外輪側に対応して形成された開口１９４に連通しており、またグリース供給路１９３ｃは、後側（図中央）に配置されたアンギュラ玉軸受１０の外輪側に対応して形成された開口１９５に連通している。これにより、グリース供給器１９０から供給されたグリースは、各軸受１０、１０、１００の外輪側まで独立に供給される。開口１９４、１９５、１９６は、図１および図９に示す補給孔１５、１５、１０５に連通しており、グリースは補給孔１５、１５、１０５を介して軸受空間内部に独立に供給される。

グリース補給器１９０は、各軸受１０、１０、１００に対して独立にグリース供給可能に構成されている。すなわち、グリース補給器１９０は、適宜なタイミングで（間欠的または定期的に）、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるように各軸受１０、１０、１００毎にグリースショットする。補給されたグリースは、軸受１０内部の玉１３及び軸受１００内部のころ１０３の転動に伴い、軸受１０及び１００内部全体に馴染み、不足したグリースを補う。ここで、アンギュラ玉軸受の場合には、一回のグリース補給量が０．０１ｃｃ～０．０３ｃｃであることが好ましく、また円筒ころ軸受の場合には、一回のグリース補給量が０．００５ｃｃ～０．０２ｃｃであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温

の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、各軸受 10, 10, 100 が取り付けられるスピンドル装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。

なお、本実施形態においては、各軸受 10, 10, 100 の軸受空間内部に連通したグリース排出路 197 が前側ハウジング 163 および後側ハウジング 164 に形成されている。グリースは、このグリース排出路 197 を介して、グリース排出路 197 の外周側開口 198 から装置外に排出される。

本実施形態のスピンドル装置では、第 1 実施形態の軸受 10 および第 10 実施形態の軸受 100 を例として挙げたが、勿論その他の実施形態 2～9 または 11～15 の軸受、又はそれらの任意の組合せを代わりに用いてもよい。

また、その他の軸受の外輪に同様の補給孔を設けても同様の効果が期待されることは言うまでもない。

#### (第 16 実施形態)

図 17 は、以下に説明する第 16, 17 実施形態に係る転がり軸受 200 及び 210 を用いて構成される工作機械用主軸装置としてのスピンドル装置を示す図である。なお、図 17 のスピンドル装置は、例示のために異種の軸受を用いているが、同種の軸受のみから構成するようにしてもよい。

軸受 200 及び 210 は、主軸 1 に外嵌し、ハウジング 7 に内嵌している。主軸 1 は、軸受 200 及び 210 を介して、ハウジング 7 に対し回転可能である。軸受 200 及び 210 の各内輪及び外輪間には、それぞれ主軸 1 及びハウジング 7 に沿って配置された内輪間座 5a, 5b, 5c, 5d, 5e 及び外輪間座 6a, 6b, 6c, 6d, 6e が図視左から順に配置されている。

内輪間座 5a 及び 5e 並びに外輪間座 6a 及び 6e の軸方向両端には、それぞれ内輪押さえ部材 8a, 8b 及び外輪押さえ部材 9a, 9b が配置され、各間座を介して各軸受に予圧を与えている。内輪押さえ部材 8a 及び外輪押さえ部材 9a 並びに内輪押さえ部材 8b 及び外輪押さえ部材 9b の間には、図示せぬ間隙が形成されており、両押さえ部材間にラビリンスを形成している。

図 18 は、図 17 に示すスピンドル装置の拡大断面図である。ここでは、本発

明の第 16 実施形態に係るアンギュラ玉軸受 200 並びにその周辺構造について説明する。

図 18 に示す各アンギュラ玉軸受 200 は、内輪 201、外輪 202、内輪 201 の内輪軌道 201a と外輪 202 の外輪軌道 202a との間に複数配置された玉 203、及び、玉 203 を円周方向等間隔に保持する保持器 204 を備えている。外輪 202 は、玉 203 を接触角を持って保持するためのテーパ部 202b を軸方向片側に有している。以下、テーパ部が形成された軸方向一方を正面側、他方を背面側と呼ぶこととする。

本実施形態においては、各アンギュラ玉軸受 200 間には、グリース補給用外輪間座 6b が配置されている。グリース補給用外輪間座 6b には、ハウジング 7 を貫通した二つのグリース補給用ノズル 4 が、グリース補給用外輪間座 6b に差し込み固定されている。グリース補給用ノズル 4 には、外部のグリース供給器 2 から補給パイプ 3 を介して追加グリースが供給される。

グリース補給用外輪間座 6b は、ノズル 4 の先端から追加グリースをアンギュラ玉軸受 200 内部に補給するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔 205 を有している。補給孔 205 は、直径 0.1 ～ 5 mm の円形断面を有しており、軸受 200 の内側（保持器 204 よりも内径側）に向けて軸方向に開口している。補給孔 205 は、内輪 201 及び外輪 202 間に背面側から軸方向に追加グリースを供給する。供給されるグリースは、主に保持器 204 よりも内径側に供給される。

なお、補給孔 205 は、径方向に間隔をあけてグリース補給用外輪間座 6b の複数箇所に設けられてもよい。また、供給されるグリースは、主に保持器 204 よりも内径側に供給されるほうが好ましいが、外径側に供給してもよい。

各アンギュラ玉軸受 200 の軸受空間には、軸受空間容積の 10 ～ 20 % の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用開始後、グリース供給器 2 は、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔 205 を介して、一回の補給量が 0.004 cc ～ 0.1 cc となるようにグリースショットする。補給されたグリースは、アンギュラ玉軸受 200 内部の玉 203 の転動に伴い、アンギュラ

玉軸受 200 内部全体に馴染み、不足したグリースを補う。ここで、一回のグリース補給量が 0.01 cc ~ 0.03 cc であることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受 200 が取り付けられるスピンドル装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。

(第 17 実施形態)

図 19 は、図 17 に示すスピンドル装置の拡大断面図であり、ここでは、本発明の第 17 実施形態に係る単列円筒ころ軸受 210 について説明する。

単列円筒ころ軸受 210 は、内輪 211、外輪 212、内輪 211 の内輪軌道 211a と外輪 212 の外輪軌道 212a との間に配置された円筒ころ 213、及び、ころ 213 を円周方向等間隔に保持する保持器 214 を備えている。

本実施形態においては、円筒ころ軸受 210 の軸方向隣には、グリース補給用外輪間座 6d が配置されている。グリース補給用外輪間座 6d には、ハウジング 7 を貫通したグリース補給用ノズル 4 がグリース補給用外輪間座 6d に差し込み固定されている。グリース補給用ノズル 4 には、外部のグリース供給器 2 から補給パイプ 3 を介して追加グリースが供給される。

グリース補給用外輪間座 6d は、ノズル 4 の先端から追加グリースを軸受 210 内部に補給するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔 215 を有している。補給孔 215 は、直径 0.1 ~ 5 mm の円形断面を有しており、軸受 210 の内側（保持器 214 よりも内径側）に向けて軸方向に開口している。補給孔 215 は、内輪 211 及び外輪 212 間に背面側から軸方向に追加グリースを供給する。供給されるグリースは、主に保持器 214 よりも内径側に供給される。

なお、補給孔 215 は、径方向に間隔をあけてグリース補給用外輪間座 6d の複数箇所に設けられてもよい。また、供給されるグリースは、主に保持器 214 よりも内径側に供給されるほうが好ましいが、外径側に供給してもよい。

各円筒ころ軸受 210 の軸受空間には、軸受空間容積の 10 ~ 20 % の量のグ

リースが初期封入される。そして、軸受使用開始後、グリース供給器 2 は、適宜なタイミングで(間欠的、定期的に)、補給孔 215 を介して、一回の補給量が 0.004 cc ~ 0.1 cc となるようにグリースショットする。補給されたグリースは、円筒ころ軸受 210 内部のころ 213 の転動に伴い、円筒ころ軸受 210 内部全体に馴染み、不足したグリースを補う。ここで、一回のグリース補給量が 0.005 cc ~ 0.02 cc であることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、円筒ころ軸受 210 が取り付けられるスピンドル装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。

図 20 は、第 16 実施形態の第 1 の変形例に係るスピンドル装置の拡大断面図を示す。

本変形例に用いられているアンギュラ玉軸受 220 は、軸に外嵌する内輪 221、ハウジング 250 に内嵌する外輪 222、内輪 221 の内輪軌道 221a と外輪 222 の外輪軌道 222a との間に転動自在に配置された玉 223、並びに玉 223 を保持する保持器 224 から構成される。

ハウジング 250 は、径方向内側に突出した凸部 250a を有する。軸受 220 の外輪 222 は、軸方向背面側で凸部 250a に接している。内輪 221 の軸方向背面側には、凸部 250a と軸方向に対向する内輪間座 5f が配置されている。

一方、外輪 222 の軸方向正面側には、グリース補給用外輪間座 6g が設けられている。グリース補給用外輪間座 6g は、内輪間座 5g と径方向に対向している。ハウジング 250 におけるグリース補給用外輪間座 6g の外径面に対応する位置には、グリース補給用ノズル 260 をグリース補給用外輪間座 6g に差し込むための開口 250b が形成されている。グリース補給用ノズル 260 の基部 260a は、ねじ等の固定部材 260b によりハウジング 250 の外径面上に固定されており、基部 260a から延出した先端部 260c がグリース補給用外輪間座 6g 内部に差し込まれている。

グリース補給用外輪間座 6 g は、グリース補給用ノズル 2 6 0 の先端部 2 6 0 c から追加グリースを軸受 2 2 0 内部に補給するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔 2 2 5 を有している。補給孔 2 2 5 は、直径 0.1 ～ 5 mm の円形断面を有している。補給孔 2 2 5 は、内輪 2 2 1 及び外輪 2 2 2 間に正面側から軸方向に追加グリースを供給する。追加グリースの量は、一回の補給量が 0.004 cc ～ 0.1 cc であり、一回の補給量が 0.01 cc ～ 0.03 cc であることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受 2 2 0 が取り付けられるスピンドル装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。

なお、補給孔 2 2 5 は、径方向に間隔をあけてグリース補給用外輪間座 6 g の複数箇所にて設けられてもよい。

図 2 1 は、第 1 6 実施形態の第 2 の変形例に係るスピンドル装置の拡大断面図を示す。

本変形例に用いられているアンギュラ玉軸受 2 3 0 は、軸に外嵌する内輪 2 3 1、ハウジング 2 7 0 に内嵌する外輪 2 3 2、内輪 2 3 1 の内輪軌道 2 3 1 a と外輪 2 3 2 の外輪軌道 2 3 2 a との間に転動自在に配置された玉 2 3 3、並びに玉 2 3 3 を保持する保持器 2 3 4 から構成される。

ハウジング 2 7 0 は、径方向内側に突出した凸部 2 7 0 a を有する。軸受 2 3 0 の外輪 2 3 2 は、軸方向正面側で凸部 2 7 0 a に接している。内輪 2 3 1 の正面側には、凸部 2 7 0 a に径方向に対向する内輪間座 5 i が配置されている。一方、外輪 2 3 2 の軸方向背面側には、内輪間座 5 h 及び外輪間座 6 h がそれぞれに対向して配置されている。

凸部 2 7 0 a の反対側となるハウジング 2 7 0 の外径面には、グリース補給用ノズル 2 6 0 を凸部 2 7 0 a 内に差し込むための開口 2 7 0 b が形成されている。グリース補給用ノズル 2 6 0 の基部 2 6 0 a は、ねじ等の固定部材 2 6 0 b によりハウジング 2 7 0 の外径面上に固定されており、基部 2 6 0 a から延出した先



端部 260c が凸部 270a 内部に差し込まれている。

凸部 270a は、グリース補給用ノズル 260 の先端部 260c から追加グリースを軸受 230 内部に補給するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔 235 を有している。補給孔 235 は、直径 0.1～5mm の円形断面を有している。補給孔 235 は、内輪 231 及び外輪 232 間に正面側から軸方向に追加グリースを供給する。追加グリースの量は、一回の補給量が 0.004cc～0.1cc であり、一回の補給量が 0.01cc～0.03cc であることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受 230 が取り付けられるスピンドル装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。なお、補給孔 235 は、径方向に間隔をあけて凸部 270a の複数箇所に設けられてもよい。

また、図 22 に本実施形態の第 3 の変形例に係るスピンドル装置の拡大断面図を示す。

本変形例は、第 2 変形例のアンギュラ玉軸受 230 の正面側と背面側を入れ替えたものであり、ハウジング 270 の凸部 270a がアンギュラ玉軸受 230 の軸方向背面側に設けられている。その他の構成は、図 21 に示したものと同様である。

本変形例において、追加グリースは、凸部 270a に形成された補給孔 235 から、内輪 231 及び外輪 232 間に背面側から軸方向に供給される。追加グリースの量は、一回の補給量が 0.004cc～0.1cc であり、一回のグリース補給量が 0.01cc～0.03cc であることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、これにより、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受 230 が取り付けられるスピンドル装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。

図 23 は、第 16 実施形態の第 4 の変形例に係るスピンドル装置の拡大断面図を示す。

本変形例に用いられているアンギュラ玉軸受 240 は、軸に外嵌する内輪 241、ハウジング 280 に内嵌する外輪 242、内輪 241 の内輪軌道 241a と外輪 242 の外輪軌道 242a との間に転動自在に配置された玉 243、並びに玉 243 を保持する保持器 244 から構成される。外輪 242 の正面側端部には、テーパ部から径方向内側に突出した凸部 242b が形成されている。

軸受 240 の外輪 242 は、軸方向正面側で、即ち、凸部 242b が、外輪間座 6k と接しており、軸方向背面側で、外輪間座 6j と接している。内輪 241 の背面側及び正面側には、それぞれ外輪間座 6j 及び 6k と径方向に対向する内輪間座 5j 及び 5k が配置されている。

ハウジング 280 は、外輪 242 の凸部 242b の反対側となる外径面に、グリース補給用ノズル 260 を凸部 242b 内に差し込むための開口 280b を有している。グリース補給用ノズル 260 の基部 260a は、ねじ等の固定部材 260b によりハウジング 280 の外径面上に固定されており、基部 260a から延出した先端部 260c が、開口 280b を介して外輪 242 の凸部 242b 内部に差し込まれている。

凸部 242b は、グリース補給用ノズル 260 の先端部 260c から追加グリースを軸受 240 内部に補給するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔 245 を有している。補給孔 245 は、直径 0.1～5mm の円形断面を有している。補給孔 245 は、内輪 241 及び外輪 242 間に正面側から軸方向に追加グリースを供給する。追加グリースの量は、一回の補給量が 0.004cc～0.1cc であり、一回のグリース補給量が 0.01cc～0.03cc であることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、これにより、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受 240 が取り付けられるスピンドル装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。

なお、補給孔 245 は、径方向に間隔をあけて凸部 242b の複数箇所に設けられてもよい。

また、図 2 4 に本実施形態の第 5 の変形例に係るスピンドル装置の拡大断面図を示す。

本変形例は、第 4 変形例のアンギュラ玉軸受 2 4 0 の外輪 2 4 2 の変形例であり、外輪 2 4 2 の凸部 2 4 2 b が、アンギュラ玉軸受 2 4 0 の軸方向背面側に形成されている。その他の構成は、図 2 3 に示したものと同様である。

本変形例において、追加グリースは、凸部 2 4 2 b に形成された補給孔 2 4 5 から、内輪 2 4 1 及び外輪 2 4 2 間に背面側から軸方向に供給される。追加グリースの量は、一回の補給量が 0. 0 0 4 c c ~ 0. 1 c c であり、一回のグリース補給量が 0. 0 1 c c ~ 0. 0 3 c c であることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、これにより、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受 2 4 0 が取り付けられるスピンドル装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。

上記した第 1 6, 1 7 実施形態および第 1 6 実施形態の変形例 1 ~ 5 のように構成することにより、軸方向に追加グリースを軸受内部に補給することが可能となる。

また、その他の軸受において、同様の補給孔を設けても同様の効果が期待されることは言うまでもない。

また、グリースショットするタイミングは、スピンドルの停止時であっても回転時であってもどちらでもよい。

#### (実施例 1)

転がり軸受へのグリース補給量について、以下のような実験を行った。

#### 【 0 1 0 7 】

内輪内径 7 0 mm、外輪外径 1 1 0 mm、幅 2 0 mm の単列円筒ころ軸受 ( N S K 製、呼び番号 N 1 0 1 4 ) を用いて、耐久試験を行った。耐久試験に用いられたグリースは、イソフレックス N B U 1 5 ( N O K クリューバー ( 株 ) 製 ) であり、グリースの初期封入量は、軸受空間容積の 1 0 % であった。試験条件は、 $d m N = 1 5 0$  万で行われた。

本耐久試験では、上記軸受を3つ用意し、耐久試験開始後、6時間毎に各軸受に0.01cc、0.004cc、0.002ccのグリース補給を行った。その結果、0.002ccでは、早期に軸受が焼き付いてしまったが、0.004cc及び0.01ccのグリース供給では、耐久試験開始後1000時間を経過しても異常、故障等は発生しなかった。以上の結果より、一回のグリース補給量を0.004cc以上と設定することにより、転がり軸受の耐久性において問題がないことがわかった。

(実施例2)

内輪内径65mm、外輪外径100mm、幅18mm、玉径7.144mm、接触角18°のアンギュラ玉軸受340, 350を用いて、グリース補給量と温度の脈動の関係を確認する温度脈動確認試験を行った。温度脈動確認試験に用いられたグリースは、イソフレックスNBU15 (NOKクリューバー(株)製)であり、グリースの初期封入量は、軸受空間容積の15%であった。また、試験条件は、 $d m N = 180$ 万であった。

本脈動確認試験は、図25に示す試験用主軸装置300を用いて行われた。試験用主軸装置300は、支持台301上に配置されたハウジングブロック302によってハウジング本体303が支持される構成を有している。ハウジング本体303には、アンギュラ玉軸受340, 350が互いに背面配置で内嵌している。このアンギュラ玉軸受340は、主軸310に外嵌しており、主軸310を回転自在に支承している。

アンギュラ玉軸受340, 350間には、各アンギュラ玉軸受340, 350の内輪間に内輪間座311が、そして各アンギュラ玉軸受340, 350の外輪間に外輪間座312がそれぞれ設けられている。また、アンギュラ玉軸受350の軸方向後端側(図中右側)には、後端外輪押さえ313が設けられている。

また、アンギュラ玉軸受340の軸方向前端側(図中左側)には、外輪押さえ部材314と内輪押さえ部材315が設けられている。各アンギュラ玉軸受340, 350は、外輪押さえ部材314及び内輪押さえ部材315によって後端外輪押さえ313側に軸方向に沿って押圧されている。

ハウジング 303 には、ノズル部材 330、330 が各アンギュラ玉軸受 340、350 に対応して取り付けられている。ノズル部材 330、330 は、各アンギュラ玉軸受 340、350 の外輪に設けられた孔側からグリースを軸受空間内に供給する。本温度脈動確認試験では、グリースは、試験開始後 1 時間おきに供給するような構成とした。一回のグリース補給時に各軸受に供給されるグリースの量は、0.035cc、0.10cc、0.15cc、0.30cc、0.60cc として計 5 回実験を行った。図 26 は、この温度脈動確認試験の結果を示すグラフであり、(a) はグリース補給量が 0.035cc の場合、(b) はグリース補給量が 0.10cc の場合、(c) はグリース補給量が 0.15cc の場合、(d) はグリース補給量が 0.30cc の場合、そして (e) はグリース補給量が 0.60cc の場合を示す。

図 26 (a)、(b) に示すように、グリース補給量が 0.035cc 及び 0.10cc の場合には、グリース補給をおこなっても、アンギュラ玉軸受 340、350 の軸受温度に全く変化はない。しかしながら、図 26 (c) に示すように、グリース補給量が 0.15cc の場合には、グリース補給する毎にアンギュラ玉軸受 340、350 の温度が 1°C 程度上昇しているのがわかる。同様に、図 26 (d)、(e) に示すように、グリース補給量が 0.30cc 及び 0.60cc の場合にも、グリース補給する毎にアンギュラ玉軸受 340、350 の温度が 1～2°C 程度上昇しているのがわかる。

ここで、アンギュラ玉軸受 340 と軸受 350 では、グリース補給前の定常状態での温度が異なっている。この定常状態での温度の差異は、アンギュラ玉軸受 340 と、アンギュラ玉軸受 350 の周辺構造の差異、例えば、ハウジングブロック 302 からの距離の差異や図示せぬ冷却装置との位置関係等により発生した熱の抑制率が異なっているため、定常状態での温度が異なっているものと考えられる。

いずれにせよ、アンギュラ玉軸受 340 においても、またアンギュラ玉軸受 350 においても、図 26 (c) ～図 26 (e) に示すように、グリース補給量が 0.15cc 以上の場合には、補給グリースの攪拌抵抗等により軸受が発熱を起

こし、軸受の昇温、すなわち温度の脈動が発生していると考えられる。したがって、一回のグリース補給量を0.1cc以下と設定することにより、温度の脈動が発生しない安定したグリース供給を行うことが可能であることがわかった。

以上説明したように、第1～17実施形態によれば、グリースが早期に劣化して軸受が破損する前に新たなグリースを補給することにより、グリース潤滑でありながら高速回転性に優れて長寿命の転がり軸受を提供できる。また、一回の補給量が0.004cc～0.1ccとなるようにグリースを転がり軸受に補給することにより、グリース供給時に温度の脈動が生じない転がり軸受、並びにそれを用いた工作機械用主軸装置及び高速モータ用主軸装置を提供することが可能になる。このように、以上に示す範囲内のグリース補給を行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生及び軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、軸受が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

上記実施形態によれば、グリースが早期に劣化または油膜形成不足により軸受が破損する前に、新たなグリースを外輪側（径方向）又は外輪間座側（軸方向）から補給することにより、軸受寿命の延長が可能となる。外輪側から供給された場合、グリースは、補給孔を通過して、外輪内径面から軸受空間に補給される。一方、外輪間座側から供給された場合、グリースは、補給孔を通過して、直接軸受空間内に軸方向に供給される。外輪間座側からの供給時には、外径よりも内径側にグリースを供給するように構成するほうが好ましい。補給されたグリースは、転動体や保持器に付着し、転動体や保持器の回転に伴って軸受内部全体に馴染む。

通常、工作機械の主軸に組み込まれるアンギュラ玉軸受の場合、グリースの初期封入量は、軸受空間容積の10～20%を目安とされている。一方、工作機械の主軸に組み込まれる円筒ころ軸受の場合、グリースの初期封入量は、軸受空間容積の8～15%を目安とされている。これは、グリースの初期慣らし運転の時間短縮と、温度上昇の抑制という要求からきているものである。特に円筒ころ軸受の場合、グリースの初期慣らし運転時に、回転しているころがグリースを噛みこんで異常昇温することがよくある。最悪の場合、焼付を起こしてしまうことも

ある。

しかし、上記構成のように、一回のグリース補給量を $0.004\text{ cc} \sim 0.1\text{ cc}$ とすることで、異常昇温を回避し、慣らし運転の必要性がない。さらに、上記構成の転がり軸受においては、一回のグリース補給量を $0.004\text{ cc} \sim 0.1\text{ cc}$ とすることで、温度の脈動も抑制することができ、転がり軸受が適用される工作機械主軸装置の加工精度を高いレベルに保つことが可能である。

たとえば、アンギュラ玉軸受のように、接触角を有し、転動体が玉である場合、外輪の内径面の、軌道溝の接触部のある側からずれた箇所にも補給孔を開口させ、補給孔を介して一回のグリース補給量を $0.004\text{ cc} \sim 0.1\text{ cc}$ とすることで、運転中の損傷、温度の脈動を防止できる。

補給孔の直径が、 $0.1 \sim 5\text{ mm}$ の範囲内であれば、定量のグリース補給をより円滑に行うことができる。すなわち、グリースが補給孔につまることがなく、グリースが過度に補給されることもない。なお、補給孔は円形断面のものに限定されない。例えば、直径 $0.1 \sim 5\text{ mm}$ の円形断面積と同等の断面積を有する矩形断面や多角形断面の補給孔であってもよい。

上記実施形態では、 $d\text{ mN}$ が $100$ 万以上となる環境でも長寿命を達成できる。

(第18実施形態)

次に、本発明に係る第18～第29実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下に説明する各実施形態において、図27において説明した部材等と同一又は相当する部分については、図28以降の図中に同一符号あるいは相当符号を付すことにより説明を簡略化しあるいは省略する。

図27(a), (b)に示すように第18実施形態の軸受のグリース補給装置410は、軸受(玉軸受)411の内輪412が軸413に嵌合されるとともに、軸受411の外輪414がハウジング415に嵌合され、ハウジング415にグリース補充孔416が貫通され、このグリース補充孔416に合わせて軸受411の外輪414にグリース補給装置(或いはグリース補給機構)としての補給孔417が貫通され、外輪414の外周414Aに補給孔417を含む環状溝418が形成され、ハウジング415と外輪414との間の隙間Lが $30\text{ }\mu\text{ m}$ 以下に

設定されている。

第18実施形態の軸受のグリース補給装置410によれば、外輪414の外周414Aに補給孔417を含む環状溝418を形成することで、ハウジング415のグリース補充孔416に供給したグリースは環状溝418に流入し、環状溝418に流入したグリースは外輪414の補給孔417に流入する。

そして、補給孔417に流入したグリースは軸受411の内部に流入する。このように、ハウジング415のグリース補充孔416に供給したグリースを環状溝418を介して軸受411の内部に補給することができる。

また、外輪414の外周414Aに補給孔417を含む環状溝418を形成することで、ハウジング415に軸受411を組み付ける際に、ハウジング415のグリース補充孔416に外輪414の補給孔417を合わせなくても、環状溝418を介してグリース補充孔416と補給孔417とを連通させることができる。

これにより、ハウジング415に軸受411を時間をかけないで簡単に組み付けることができ、さらに組付け作業が簡単になり、作業者の負担を軽減することができる。

加えて、ハウジング415と外輪414との間の隙間Lを $30\mu\text{m}$ 以下に設定することで、ハウジング415と外輪414との間の隙間を小さく設定できる。

よって、環状溝418内に流入したグリースが、ハウジング415と外輪414との間の隙間Lから流出しないようにして、補給用のグリースが軸受411の外に流れ出すことを防止できる。

#### (第19実施形態)

図28(a), (b)に示すように第19実施形態の軸受のグリース補給装置420は、軸受411の内輪412が軸413に嵌合されるとともに、軸受411の外輪414がハウジング415に嵌合され、ハウジング415にグリース補充孔416が貫通され、このグリース補充孔416に合わせて軸受411の外輪414に補給孔417が貫通され、ハウジング415の内周415Aに補給孔417に臨む環状溝421が形成されている。



第19実施形態の軸受のグリース補給装置420によれば、ハウジング415の内周415Aに補給孔417に臨む環状溝421を形成することで、ハウジング415のグリース補充孔416に供給したグリースは環状溝421に流入し、環状溝421に流入したグリースは外輪414の補給孔417に流入する。

そして、補給孔417に流入したグリースは軸受411の内部に流入する。このように、ハウジング415のグリース補充孔416に供給したグリースを環状溝421を介して軸受411の内部に補給することができる。

また、ハウジング415の内周415Aに補給孔417に臨む環状溝421を形成することで、ハウジング415に軸受411を組み付ける際に、ハウジング415のグリース補充孔416に外輪414の補給孔417を合わせなくても、環状溝421を介してグリース補充孔416と補給孔417とを連通させることができる。

これにより、ハウジング415に軸受411を時間をかけないで簡単に組み付けることができ、さらに組付け作業が簡単になり、作業者の負担を軽減することができる。

#### (第20実施形態)

図29(a), (b)に示すように第20実施形態の軸受のグリース補給装置430は、軸受411の内輪412が軸413に嵌合されるとともに、軸受411の外輪414がハウジング415に嵌合され、ハウジング415にグリース補充孔416が貫通され、このグリース補充孔416に合わせて軸受411の外輪414に補給孔417が貫通され、外輪414の外周414Aに補給孔417を含む環状溝418が形成され、外輪414の外周414Aで、かつ補給孔417の両側に一对の外側環状溝431が形成され、一对の外側環状溝431にOリング432が嵌め込まれている。

第20実施形態の軸受のグリース補給装置430によれば、第18実施形態の軸受のグリース補給装置410と同様の効果を得ることができる。

加えて、第20実施形態の軸受のグリース補給装置430によれば、環状溝418内に流入したグリースが、万が一ハウジング415と外輪414との間の隙

間Lから流出した場合でも、流出したグリースを一对のOリング432でシールして、グリースが軸受411の外に流れ出すことを防止できる。

図30(a), (b)に示すように第21実施形態の軸受のグリース補給装置440は、軸受411の内輪412が軸413に嵌合されるとともに、軸受411の外輪414がハウジング415に嵌合され、ハウジング415にグリース補充孔416が貫通され、このグリース補充孔416に合わせて軸受411の外輪414に補給孔417が貫通され、ハウジング415の内周415Aに補給孔417に臨む環状溝421が形成され、ハウジング415の内周415Aで、かつグリース補充孔416の両側に一对の外側環状溝441が形成され、一对の外側環状溝441にOリング442が嵌め込まれている。

第21実施形態の軸受のグリース補給装置440によれば、第19実施形態のグリース補給装置420と同様の効果を得ることができる。

(第22実施形態)

図31に示すように第22実施形態の軸受のグリース補給装置450は、外輪414の外周414Aに補給孔417を含むように形成した環状溝451が断面円弧状または湾曲状である点で第18実施形態の軸受のグリース補給装置410と異なるだけで、その他の構成は第18実施形態と同じである。

第22実施形態の軸受のグリース補給装置450によれば、第18実施形態の軸受のグリース補給装置410と同じ効果を得ることができる。

(第23実施形態)

図32に示すように第23実施形態の軸受のグリース補給装置460は、円筒ころなどの転がり軸受461を用いた点で第18実施形態の軸受のグリース補給装置410と異なるだけで、その他の構成は第18実施形態と同じである。

第23実施形態の軸受のグリース補給装置460によれば、第18実施形態の軸受のグリース補給装置410と同じ効果を得ることができる。

(第24実施形態)

図33に示すように、第24実施形態の軸受470は、軸受411および軸受461を備えたスピンドル471全体に用いたもので、第18実施形態の軸受の

グリース補給装置 410 と同じ効果を得ることができる。

(第 25 実施形態)

図 34 に示すように、第 25 実施形態の軸受 475 は、グリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての外輪補給孔 476 を 2 個以上有している。なお、図 34 中の符号 477 はグリース挿充孔、478 は軸受外輪、479 は軸受外輪外周面環状溝である。

外輪補給孔 476 が 1 個の場合と比較して、2 個以上の場合は、グリース補充孔 477 と外輪補給孔 476 の距離が短くなる確率が高い。

これはグリース補充孔 477 から補給されたグリースが、外輪補給孔 476 を流動し外輪補給孔 476 から軸受内部にグリースが補給されるまでの距離が短く、溝による抵抗などによりグリースが軸受外部への流出することを防ぐ効果が得られる。

(第 26 実施形態)

図 35 (a), (b) に示すように、第 26 実施形態の軸受 480 は、グリース補給用環状溝 481 が外輪円周上 360° すべてに設置されておらず、一部に環状溝 481 が設置されている。この場合も、第 18 実施形態の軸受補給装置 410 と同じ効果を得ることができる。

(第 27 実施形態)

図 36 (a), (b) に示すように、第 27 実施形態の軸受 490 は、上記の外輪グリース補給用環状溝の代わりに外周上に切欠 491 が設けられている。この場合も、第 18 実施形態の軸受補給装置 410 と同じ効果を得ることができる。

(第 28 実施形態)

図 37 (a), (b) に示すように、第 28 実施形態の軸受 495 は、軸受外輪 485 がハウジング 415 及び間座等で挟まれている。そして、外輪 485 の外径部には、切欠 496 が設けられている。この場合は、グリース補給溝が環状形状でなく切欠形状でも第 18 実施形態の軸受補給装置 410 と同じ効果を得ることができる。

(第 29 実施形態)

図 38 (a), (b) に示すように、第 29 実施形態の軸受 500 は、軸受外径がハウジング 415 及び間座等で挟まれている。そして、外輪 485 のグリースが補給される外輪補給孔 484 が設けられている部分に、グリース補給用切欠 501 が設けられている。

このグリース補給用切欠 501 は、他より径が小さく設定されている。この場合も、第 18 実施形態の軸受補給装置 410 と同じ効果を得ることができる。

なお、上記の第 26 実施形態～第 29 実施形態には、外輪外径部に溝及び切欠を設けたが、ハウジング 415 に切欠を設けることができ、この場合にも同様の効果が得られる。

### (実施例 3)

つぎに、第 18～第 29 実施形態の軸受のグリース補給装置における、グリース補給状態、組付け時間、グリースの漏れについて表 1 を基に説明する。

表 1 に示す比較例は、グリース補充孔 1754 と補給孔 1755 との間に環状溝がない図 121 に示すグリース補給装置 1750、装置 A は、図 27 に示す軸受のグリース補給装置 410、装置 B は、図 27 に示す軸受のグリース補給装置 410 の隙間 L を  $50\mu\text{m}$  に変えたもの、装置 C は、図 29 に示す軸受のグリース補給装置 430 が該当する。

表 1

		比較例	装置 A	装置 B	装置 C
外輪補給孔の径		1. 2 mm	1. 2 mm	1. 2 mm	1. 2 mm
環状溝		無	有	有	有
外側環状溝リング		無	無	無	有
ハウジングと軸受との間の隙間		$20\mu\text{m}$	$20\mu\text{m}$	$50\mu\text{m}$	$20\mu\text{m}$
実補給量	1 回目	0.048 cc	0.050 cc	0.048 cc	0.050 cc
	2 回目	0.050 cc	0.048 cc	0.049 cc	0.048 cc
	3 回目	0.050 cc	0.049 cc	0.050 cc	0.046 cc
位置合わせ作業時間		20 分	1 分	1 分	1 分
備考		組付け時間長い	リング未使用でグリースの漏れなし	リング未使用でグリースの漏れなし	———

グリース補給量 : 0.05 cc

測定に使用した軸受 411 は、内径×外径×幅が 65 mm×100 mm×18 mm のもので、外輪 414 の環状溝 418 には軸受 411 をハウジング 415 に挿入する前にあらかじめグリースを封入する。

このように準備した、比較例、装置 A～C に対して表 1 に示す測定条件で、軸受内部に 0.05 cc のグリースを供給し、グリース補給状態を測定した。

その結果、軸受 411 の外輪外周 414 A に環状溝 418 を形成することにより、ハウジング 415 のグリース補充孔 416 と外輪 414 の補給孔 417 との位置合わせ作業が、比較例の 20 分と比べて装置 A～C は 1 分と向上することが確認できた。

また、ハウジング 415 と外輪 414 の間の隙間 L が 50  $\mu$ m 以下であれば、図 29 に示す第 20 実施形態のように一对の外側環状溝 431 を形成して、各外側環状溝 431 に O リング 432 を嵌め込まなくても、ハウジング 415 と外輪 414 との間の隙間からグリースが漏れることはなく、グリースが軸受 411 の内部に補給されることが確認できた。

なお、本発明は、前述した実施形態に限定されるものでなく、適宜な変形、改良等が可能であり、前述した実施形態において例示した軸受 411、461、外輪 414、ハウジング 415、グリース補充孔 416、補給孔 417、環状溝 418、421、外側環状溝 431、441、O リング 432、442 等の材質、形状、寸法、形態、数、配置個所、厚さ寸法等は本発明を達成できるものであれば任意であり、限定されない。

#### (実施例 4)

下記の条件の下、軸受外輪外周面環状溝断面積 A1 ( $\text{mm}^2$ ) と環状溝断面周長さ (mm) がどのような関係であるとグリースが軸受内部へ補給されるか評価試験 1 を行った。

その結果を表 2 に示す。

表 2

試験No.	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6
環状溝形状	図39 (a)	図39 (c)	図39 (d)	図39 (b)	図39 (e)	図39 (f)
環状溝断面積A1 (mm <sup>2</sup> )	2.1	2.1	1.4	1.45	1.04	1.05
環状溝断面周長さ (mm)	6.6	7.4	5.4	6.6	4.2	4.4
環状溝断面積A1 (mm <sup>2</sup> ) ／環状溝断面周長さ	0.32	0.28	0.26	0.22	0.25	0.24
軸受内部吐出結果	○	○	○	×	○	×

評価試験1の条件は、以下の通りである。

使用軸受：内径×外径×幅：70×110×20mm

外輪外径面環状溝断面形状：図39 (a) ～ (f) の6形状

ハウジンググリース補充孔と外輪補給孔の位相関係：180度

この表2から、環状溝断面積A1 (mm<sup>2</sup>) を環状溝断面周長さ (mm) で割った値が、0.25 (mm) 以上の場合、軸受内部へグリースが吐出されることが確認できる。

また、環状の溝が軸受外輪の外周面に施されているが、ハウジング内周面に施されても同様の効果が得られる。

(実施例5)

図34に示すように、外輪に補給孔を2個設け、ハウジングのグリース補充孔と外輪補給孔の各位相を90度になるように組み込む。このとき下記試験条件でハウジング補充孔より外輪環状溝と外輪補給孔を通して軸受内部へグリースが補給されるか評価試験2を行う。

その結果を表3に示す。

表 3

試験No	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5
外輪外径面とハウジングの隙間	20	30	40	20	30
長さSmm (図40参照)	1	1	1	0.5	0.5
軸受内部吐出結果	○	○	×	○	×

○：吐出

×：未吐出

評価試験 2 の条件は、以下の通りである。

試験軸受：内径×外径×幅：70×110×20 mm

外輪外径面環状溝断面形状：図 39 (e) の形状

外輪外径面とハウジングの隙間：20、30、40  $\mu$ m

軸受の外輪外径面とハウジングの軸方向に接している部分の長さ S (図 40 参照)：0.5、1.0 (mm)

この表 3 から、外輪外径面とハウジングの隙間が 30  $\mu$ m 以下で、軸受の外輪外周面とハウジングの軸方向に接している部分の長さ S が 1 mm 以上であればグリースが軸受内部へ吐出することが確認できる。

今回外輪補給孔を 2 個設け、ハウジングのグリース補充孔と外輪補給孔の各位相を 90 度としたが、90 度以外の角度でも同様の効果が得られる。

なお、軸受外輪の補給孔を 2 個設置したが、1 個の場合もハウジングのグリース補充孔と外輪補給孔の各位相が 90 度以内となるように組み込むと同様の効果が得られる。

また、図 40 にはアンギュラ玉軸受が図示されているが、深溝玉軸受やころ軸受においても同じ効果が得られる。

さらに、環状の溝が軸受外輪の外周面に施されているが、ハウジング内周面に施されても同様の効果が得られる。

以上、第 18～第 29 実施形態によれば、ハウジングの内周に補給孔に臨む環状溝、または外輪の外周に補給孔を含む環状溝を形成した。よって、ハウジングのグリース補充孔に供給したグリースは、環状溝に流入し、環状溝を経て外輪の補給孔に流入する。そして、補給孔に流入したグリースは軸受の内部に流入する。このように、ハウジングのグリース補充孔に供給したグリースを環状溝を経て軸受の内部に補給することができる。

また、上記実施形態では、ハウジングの内周に補給孔に臨む環状溝、または外輪の外周に補給孔を含む環状溝を形成することで、ハウジングに軸受を組み付ける際に、ハウジングのグリース補充孔に外輪の補給孔を合わせなくても、環状溝

を経てグリース補充孔と補給孔とを連通させることができる。これにより、ハウジングに軸受を時間をかけないで簡単に組み付けることができるので、生産性の向上を図ることができる。

さらに、上記実施形態では、ハウジングに軸受を組み付ける際に、グリース補充孔と補給孔とを位置合わせする必要がないので、組付け作業が簡単になり、作業者の負担の軽減を図ることができる。

また、上記実施形態では、外輪の外周で、かつ補給孔の両側に外側環状溝を形成するとともに、ハウジングの内周で、かつ補給孔の両側に外側環状溝を形成し、一对の外側環状溝にＯリングを嵌め込むことで、グリースの流れ出しを防止できる。

また、上記実施形態では、ハウジングと外輪との間の隙間を $30\mu\text{m}$ 以下に設定することで、ハウジングと外輪との間の隙間を小さくする。これにより、環状溝内に流入したグリースが、ハウジングと外輪との間の隙間から流出しないようにして、補給用のグリースが軸受の外に流れ出すことを防止できる。

#### (第30実施形態)

以下、本発明に係る第30実施形態のグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としてのグリース補給システムについて説明する。

図41は、本発明に係る第30実施形態の主軸装置を構成する軸受装置700の断面図である。軸受装置700は、主軸701と、ハウジング702と、主軸701に外嵌し、且つハウジング702に内嵌したアンギュラ玉軸受710、710とを有している。主軸701は、アンギュラ玉軸受710、710を介して、ハウジング702に対し回転可能である。

主軸701は、図示せぬモータ等の回転駆動機構に接続されており、回転駆動機構の駆動により回転する。本実施形態では、主軸701の最高回転速度は、 $22000\text{min}^{-1}$ に設定されている。

各アンギュラ玉軸受710は、内輪713、外輪714、転動体としての玉715、及び、保持器716を有している。内輪713は、主軸701に外嵌しており、外周側に玉715を案内する内輪軌道713aを有している。外輪714



は、ハウジング 702 に内嵌しており、内周側に玉 715 を案内する外輪軌道 714a を有している。

玉 715 は、内輪 713 の内輪軌道 713a と外輪 714 の外輪軌道 714a との間に転動自在に配置されている。保持器 716 は、玉 715 を円周方向等間隔に転動自在に保持している。外輪 714 は、テーパ部 714c を軸方向片側に有している。以下、テーパ部が形成された軸方向一方を正面側、他方を背面側と呼ぶこととする。本実施形態においては、一对のアンギュラ玉軸受 710 は、それぞれの背面側が対向配置される、いわゆる背面組合せ形 (DB) で配置されている。

アンギュラ玉軸受 710, 710 の各内輪 713 間及び各外輪 714 間には、それぞれ主軸 701 及びハウジング 702 に沿って配置された内輪間座 705 及び外輪間座 706 が配置されている。各内輪 713 及び内輪間座 705、並びに、各外輪 714 及び外輪間座 706 は、内輪押さえ部材 703, 707 及び外輪押さえ部材 704 により付勢され、各軸受には予圧が与えられている。内輪押さえ部材 703 及び外輪押さえ部材 704 の間には、図示せぬ間隙が形成されており、両押さえ部材間にラビリンスを形成している。

ハウジング 702 上には、アンギュラ玉軸受 710, 710 の内部に補給される追加グリースを蓄えるグリースタンク 720, 720 が設けられている。グリースタンク 720 には、給脂ノズル 722 が連通している。給脂ノズル 722 は、ハウジング 702 を貫通する貫通孔 702a を介して、アンギュラ玉軸受 710, 710 の各外輪 714, 714 に形成された補給孔 714b 内に差し込まれている。各グリースタンク 720 の内部に貯蔵された追加グリースの上面には、ピストン 721 が配置されている。追加グリースは、ピストン 721 の動作に従い、給脂ノズル 722 及び補給孔 714b を介して、径方向にアンギュラ玉軸受 710 内へ補給される。

軸受装置 700 には、主軸 701 の回転速度を検出する回転センサ 640 が組み付けられている。回転センサ 640 は、主軸 701 に対向し、主軸 701 上に形成された、スリット、磁石、突起等の検出マークを検出することにより主軸 7

01の回転速度に対応するパルス信号を生成する。

図42は、本実施形態のグリース補給装置としてのグリース補給システムを示すブロック図である。本グリース補給システムは、抵抗型給脂装置610、本発明の制御手段である制御装置620、回転センサ640、グリースタンク720、給脂ノズル722、ソレノイドバルブ730、及び、コンプレッサ740とを有する。

抵抗型給脂装置610は、制御装置620からの指示に従い、ソレノイドバルブ730、730の開閉制御を行う。抵抗型給脂装置610は、制御装置620からグリース補給指示を受けると、所定時間ソレノイドバルブ730、730を開く。

コンプレッサ740は、ソレノイドバルブ730が開状態の場合、ソレノイドバルブ730、730を介してグリースタンク720、720にエアを補給し、各グリースタンク720内のピストン721に圧力を加える。圧力を加えられたピストン721は、グリースタンク720内のグリースを下流に押し込むことにより、給脂ノズル722を介して、軸受装置700の内部に追加グリースを補給する。一方、ソレノイドバルブ730が閉状態の場合、コンプレッサ740からのエアは、ソレノイドバルブ730で遮断される。この場合、グリースタンク720には圧力が伝達されず、追加グリースは軸受装置700内に補給されない。

図43は、本実施形態の制御装置620の詳細を示すブロック図である。制御装置620は、CPU621、パルス検出器622、及び、RAM623を有している。

パルス検出器622は、回転センサ640からのパルス信号を基に、単位時間（本実施形態では1秒）毎に、すなわち、リアルタイムで軸受装置700の主軸701の回転速度を算出する。パルス検出器622は、算出した主軸701の回転速度データを単位時間毎にCPU621に送出する。

RAM623は、所定のプログラムやデータを記憶するための不揮発性の記憶部であり、制御装置620の電源がオフとなっても、電池等の補助電源により、記憶内容を保持する。本実施形態では、グリース補給間隔の可変制御プログラム

がRAM 623に保存されている。RAM 623には、制御装置620に接続されたコンピュータ等の外部機器630からアクセス可能であり、外部機器630を介して、プログラム等を書き換え可能に構成されている。外部機器630は、LAN、インターネット等のネットワークを介して接続されていてもよい。

CPU 621は、制御装置620の各部を統括的に制御する。CPU 621は、RAM 623に保存された可変制御プログラムを起動し、パルス検出器622から回転速度データを受け取る毎に、可変制御プログラムに従い、グリース補給タイミング算出のための処理を行う。

本実施形態の可変制御プログラムは、回転速度領域を、“停止領域”、“低速領域”、及び、“高速領域”の3領域に分け、それぞれの回転速度領域毎に所定の加算値を有している。具体的に、“停止領域”とは主軸701の回転速度が $0\text{ min}^{-1}$ である領域、“低速領域”とは主軸701の回転速度が $0\text{ min}^{-1}$ より大きく $18000\text{ min}^{-1}$ 以下である領域、そして“高速領域”とは主軸701の回転速度が $18000\text{ min}^{-1}$ より大きい領域を指す。ここでは、“停止領域”に0、“低速領域”に1、そして“高速領域”に10がそれぞれ加算値として与えられている。

CPU 621は、可変制御プログラムに従い、主軸701の回転速度が与えられる毎に、その時点での回転速度がどの回転速度領域に属しているか判断する。そして、対応する回転速度領域に対応する加算値を、RAM 623に保存された積算値に加える。そして、CPU 621は、積算値が所定の上限以上となったとき、抵抗型給脂装置610にグリース補給指示を送る。

ここでは、積算値の上限は、900000に設定されている。この値は、高速領域での連続運転時では、25時間で補給が行われる値である。これは、主軸701の最高回転速度 $22000\text{ min}^{-1}$ での軸受破壊時間が100時間であり、安全をみこして破壊時間に対し20～40%の値にグリース補給時間が収まるように積算値の上限及び高速領域の加算値(10)を決定している。また、低速領域の加算値(1)は、低速領域と高速領域の境界値 $18000\text{ min}^{-1}$ での破壊時間が1000時間であることを考慮し、軸受装置100が低速領域内で連続運転される場合には、破壊時間の25%に相当する250時間でグリースが補給さ

れるように積算値の上限及び低速領域の加算値を決定している。

図44は、本実施形態のグリース補給タイミング算出のための処理を示すフローチャートである。以下、本実施形態のグリース補給タイミング算出アルゴリズム（プログラム）について説明する。

制御装置620のパルス検出器622は、回転センサ640のパルス信号をもとに、1秒毎に主軸701の回転速度を算出し、CPU621に回転速度データを送る。CPU621は、回転速度データを受信し、読み込む（ステップS1）。

回転速度データを読み込んだCPU621は、まず主軸701が停止しているかどうかを判断する（ステップS2）。ここで、停止している場合には、RAM623に保存されている積算値に0を加え（ステップS3）、ステップS4に移行する。一方、停止していない場合には、ステップS3を迂回し、ステップS4に移行する。

次に、CPU621は、主軸701の回転速度が低速領域にあるかどうかを判断する（ステップS4）。ここで、低速領域にある場合には、RAM623に保存されている積算値に1を加え（ステップS5）、ステップS6に移行する。一方、低速領域にない場合には、ステップS5を迂回し、ステップS6に移行する。

次に、CPU621は、主軸701の回転速度が高速領域にあるかどうかを判断する（ステップS6）。ここで、高速領域にある場合には、RAM623に保存されている積算値に10を加え（ステップS7）、ステップS8に移行する。一方、高速領域にない場合には、ステップS7を迂回し、ステップS8に移行する。

そして、CPU621は、RAM623に保存されている積算値を確認し、積算値が900000以上となっているかどうかを判断する（ステップS8）。積算値が900000以上となった場合には、抵抗型給脂装置610にグリース補給指示（給脂指令）を送り（ステップS9）、積算値を0にリセットする（ステップS10）。そして、次の回転速度データの到着を待ち、回転速度データを受け取るためステップS1に戻る。一方、積算値が900000より小さい場合には、回転速度データの到着を待ち、回転速度データを受け取るためステップS1に戻る。以上により、制御装置620は、グリース補給タイミングを算出し、抵抗型給脂

装置 6 1 0 にグリース補給指示を送出する。

その後、抵抗型給脂装置 6 1 0 は、ソレノイドバルブ 7 3 0, 7 3 0 にバルブ開信号を送出し、ソレノイドバルブ 7 3 0, 7 3 0 を所定時間の間だけ閉状態から開状態に変更する。ソレノイドバルブ 7 3 0, 7 3 0 が開状態になると、コンプレッサ 7 4 0 から送出されるエアは、ソレノイドバルブ 7 3 0, 7 3 0 を介してグリースタンク 7 2 0, 7 2 0 に補給され、グリースタンク 7 2 0, 7 2 0 内のピストン 7 2 1, 7 2 1 に圧力を加える。圧力を加えられたピストン 7 2 1 は、グリースタンク 7 2 0 内のグリースを下流に押し込むことにより、給脂ノズル 7 2 2 を介して、軸受装置 7 0 0 の内部に追加グリースを補給する。所定時間が経過すると、抵抗型給脂装置 6 1 0 は、ソレノイドバルブ 7 3 0, 7 3 0 を閉状態にして追加グリース補給を終了する。

図 4 5 は、本実施形態のグリース補給動作を示すタイムチャートである。図 4 5 (a) は回転速度の時間変化を、図 4 5 (b) は積算値の時間変化を、図 4 5 (c) は、上記本実施形態のグリース補給タイミング算出アルゴリズムに基づき決定された補給タイミングを、図 4 5 (d) は、一定間隔 (2 5 時間) 毎に補給を行う場合の補給タイミングを、それぞれ示す図である。

図 4 5 (a) 及び図 4 5 (b) からわかるように、主軸 7 0 1 の回転速度が高速領域にある場合には、積算値の増加の傾きは大きく、主軸 7 0 1 の回転速度が低速領域にある場合には、積算値の増加の傾きは小さい。また、主軸 7 0 1 が停止している場合には、積算値は増加しない。すなわち、回転速度が速い場合には、積算値の増加が速いため、グリース補給間隔が短くなり、回転速度が遅い場合には、積算値の増加が遅いため、グリース補給間隔が長くなる。また、主軸 7 0 1 が回転しない場合には、グリースは補給されない。

また、図 4 5 (c) 及び図 4 5 (d) を比較すると、本実施形態に従った場合には、主軸 7 0 1 の回転速度に応じて、グリースの補給が為されているが、所定時間毎に補給する場合には、回転速度の大きさ、または、回転の有無に関わらず、定期的にグリースが補給されることとなる。本実施形態では、軸受装置の回転頻度、すなわち、グリースの劣化状態に応じて適切にグリースを補給しているが、

従来の方法では、グリースの劣化状態に関係なくグリースを補給していることがわかる。このように本実施形態によれば、補給回数を従来に比べて減少し、且つ、適切なタイミングでグリースを補給することが可能となる。

以上、本実施形態によれば、主軸 7 0 1 の回転速度を 1 秒ごとに読み取る。回転速度領域は、回転速度に応じて、“停止領域”、“低速領域”、“高速領域”の 3 領域に分けられており、それぞれの領域に応じた加算値を積算値に加える。そして、積算値が所定値以上となった場合にのみ、制御装置 6 2 0 は、追加グリース補給を抵抗型給脂装置 6 1 0 に指示する。従って、軸受装置の回転頻度、すなわち、グリースの劣化状態に応じて適切にグリースを補給することが可能となる。また、制御装置 6 2 0 は、主軸 7 0 1 が回転していない場合には、積算値に 0 を加えることにより、積算値を増加させない。これにより、主軸 7 0 1 が非回転状態にあるときに、グリースを補給するような無駄は発生しない。従って、過剰グリースの攪拌抵抗による無駄な発熱を抑えることが可能である。よって、異常昇温による軸受の焼付等の故障を未然に防止し、主軸 7 0 1 の取付け精度を高い状態に維持し軸受の長寿命化が可能となる。

なお、本実施形態においては、グリース供給装置として、抵抗型給脂装置を使用した。これに限られず、積算値が所定値以上となったときに、軸受 7 1 0、7 1 0 にグリースを補給可能な装置であればなんでもよい。例えば、定量吐出型の給脂装置等を用いることが可能である。

また、本実施形態においては、背面組合せ形のアンギュラ玉軸受 7 1 0、7 1 0 を用いたが、これに限られず、正面組合せ形のアンギュラ玉軸受を用いてもよい。また、他の種類の玉軸受やころ軸受等のその他の転がり軸受を用いてもよい。

また、本実施形態では、加算値を高速領域で 1 0、低速領域で 1、停止時に 0 としたが、これに限られず、主軸 7 0 1 及び軸受 7 1 0 の使用状態に応じて、適宜所望の値を設定することが可能である。また、積算値の最大値についても、使用状態や耐久性等を考慮して、所望の値に設定することが可能である。

また、本実施形態では、1 秒毎に回転速度を算出したが、適宜所望の値に設定することが可能である。

### (第 3 1 実施形態)

以下、本発明に係る第 3 1 実施形態のグリース補給装置としてのグリース補給システムについて説明する。なお、本実施形態において、第 3 0 実施形態に挙げた要素と同一の要素については重複を避け、記載の説明を適宜省略する。

本実施形態では、グリース補給システムの構造は、第 3 0 実施形態の構造と同一である。本実施形態では、制御装置 6 2 0 内で起動、実行されるグリース補給タイミングの可変制御プログラムが一部異なる。

本実施形態の可変制御プログラムは、回転速度領域を、“停止領域”、“低速領域”、“中速領域”、及び、“高速領域”の 4 領域に分け、それぞれの回転速度領域毎に所定の加算値を有している。具体的に、“停止領域”とは主軸 7 0 1 の回転速度が  $0 \text{ min}^{-1}$  である領域、“低速領域”とは主軸 7 0 1 の回転速度が  $0 \text{ min}^{-1}$  より大きく  $14000 \text{ min}^{-1}$  以下である領域、“中速領域”とは主軸 7 0 1 の回転速度が  $14000 \text{ min}^{-1}$  より大きく  $18000 \text{ min}^{-1}$  以下である領域、そして“高速領域”とは主軸 7 0 1 の回転速度が  $18000 \text{ min}^{-1}$  より大きい領域を指す。ここでは、“停止領域”に 0、“低速領域”に 0.1、“中速領域”に 1、そして“高速領域”に 10 がそれぞれ加算値として与えられている。

CPU 6 2 1 は、可変制御プログラムに従い、主軸 7 0 1 の回転速度が与えられる毎に、その時点での回転速度がどの回転速度領域に属しているか判断する。そして、対応する回転速度領域に与えられた加算値を、RAM 6 2 3 に保存された積算値に加える。そして、CPU 6 2 1 は、積算値以上となったとき、抵抗型給脂装置 6 1 0 にグリース補給指示を送る。ここでも、第 3 0 実施形態と同様に、積算値の上限は、900000 に設定されている。

図 4 6 は、本実施形態のグリース補給タイミング算出のための処理を示すフローチャートである。以下、本実施形態のグリース補給タイミング算出アルゴリズムについて説明する。

制御装置 6 2 0 のパルス検出器 6 2 2 は、回転センサ 6 4 0 のパルス信号をもとに、1 秒毎に主軸 7 0 1 の回転速度を算出し、CPU 6 2 1 に回転速度データを送る。CPU 6 2 1 は、回転速度データを受信し、読み込む（ステップ S 1 1）。

回転速度データを読み込んだCPU 621は、まず主軸701が停止しているかどうかを判断する(ステップS12)。ここで、停止している場合には、RAM 623に保存されている積算値に0を加え(ステップS13)、ステップS14に移行する。一方、停止していない場合には、ステップS13を迂回し、ステップS14に移行する。

次に、CPU 621は、主軸701の回転速度が低速領域にあるかどうかを判断する(ステップS14)。ここで、低速領域にある場合には、RAM 623に保存されている積算値に0.1を加え(ステップS15)、ステップS16に移行する。一方、低速領域にない場合には、ステップS15を迂回し、ステップS16に移行する。

次に、CPU 621は、主軸701の回転速度が中速領域にあるかどうかを判断する(ステップS16)。ここで、中速領域にある場合には、RAM 623に保存されている積算値に1を加え(ステップS17)、ステップS18に移行する。一方、中速領域にない場合には、ステップS17を迂回し、ステップS18に移行する。

次に、CPU 621は、主軸701の回転速度が高速領域にあるかどうかを判断する(ステップS18)。ここで、高速領域にある場合には、RAM 623に保存されている積算値に10を加え(ステップS19)、ステップS20に移行する。一方、高速領域にない場合には、ステップS19を迂回し、ステップS20に移行する。

そして、CPU 621は、RAM 623に保存されている積算値を確認し、積算値が900000以上となっているかどうかを判断する(ステップS20)。積算値が900000以上となった場合には、抵抗型給脂装置610にグリース補給指示(給脂指令)を送り(ステップS21)、積算値を0にリセットする(ステップS22)。そして、次の回転速度データの到着を待ち、回転速度データを受け取るためステップS11に戻る。一方、積算値が900000より小さい場合には、回転速度データの到着を待ち、回転速度データを受け取るためステップS11に戻る。



以上により、制御装置 620 は、グリース補給タイミングを算出し、抵抗型給脂装置 610 にグリース補給指示を送出する。

その後、抵抗型給脂装置 610 は、ソレノイドバルブ 730, 730 にバルブ開信号を送出し、ソレノイドバルブ 730, 730 を所定時間の間だけ閉状態から開状態に変更する。ソレノイドバルブ 730, 730 が開状態になると、コンプレッサ 740 から送出されるエアは、ソレノイドバルブ 730, 730 を介してグリースタンク 720, 720 に補給され、グリースタンク 720, 720 内のピストン 721, 721 に圧力を加える。圧力を加えられたピストン 721 は、グリースタンク 720 内のグリースを下流に押し込むことにより、給脂ノズル 722 を介して、軸受装置 700 の内部に追加グリースを補給する。所定時間が経過すると、抵抗型給脂装置 610 は、ソレノイドバルブ 730, 730 を閉状態にして追加グリース補給を終了する。

図 47 は、本実施形態のグリース補給動作を示すタイムチャートである。図 47 (a) は回転速度の時間変化を、図 47 (b) は積算値の時間変化を、図 47 (c) は、本実施形態のグリース補給タイミング算出アルゴリズムに基づき決定された補給タイミングを、図 47 (d) は、一定間隔 (25 時間) 毎に補給を行う場合の補給タイミングを、それぞれ示す図である。

図 47 (a) 及び図 47 (b) からわかるように、主軸 701 の回転速度が高速領域にある場合には、積算値の増加の傾きは大きく、主軸 701 の回転速度が中速領域にある場合には、積算値の増加の傾きは小さく、主軸 701 の回転速度が低速領域にある場合には、積算値の増加の傾きは微少である。また、主軸 701 が停止している場合には、積算値は増加しない。すなわち、回転速度が速い場合には、積算値の増加が速いため、グリース補給間隔が短くなり、回転速度が遅い場合には、積算値の増加が遅いため、グリース補給間隔が長くなる。また、主軸 701 が回転しない場合には、グリースは補給されない。

また、図 47 (c) 及び図 47 (d) を比較すると、本実施形態に従った場合には、主軸 701 の回転速度に応じて、グリースの補給が為されているが、所定時間毎に補給する場合には、回転速度の大きさ、または、回転の有無に関わらず、

定期的にグリースが補給されることとなる。本実施形態では、軸受装置の回転頻度、すなわち、グリースの劣化状態に応じて適切にグリースを補給しているが、従来の方法では、グリースの劣化状態に関係なくグリースを補給していることがわかる。このように本実施形態によれば、補給回数を従来に比べて減少し、且つ、適切なタイミングでグリースを補給することが可能となる。

以上、本実施形態によれば、主軸 701 の回転速度を 1 秒ごとに読み取る。回転速度領域は、回転速度に応じて、“停止領域”、“低速領域”、“中速領域”、“高速領域”の 4 領域に分けられており、それぞれの領域に応じた加算値を積算値に加える。そして、積算値が所定値以上となった場合にのみ、制御装置 620 は、追加グリース補給を抵抗型給脂装置 610 に指示する。従って、軸受装置の回転頻度、すなわち、グリースの劣化状態に応じて適切にグリースを補給することが可能となる。また、制御装置 620 は、主軸 701 が回転していない場合には、積算値に 0 を加えることにより、積算値を増加させない。これにより、主軸 701 が非回転状態にあるときに、グリースを補給するような無駄は発生しない。従って、過剰グリースの攪拌抵抗による無駄な発熱を抑えることが可能である。よって、異常昇温による軸受の焼付等の故障を未然に防止し、主軸 701 の取付け精度を高い状態に維持し軸受の長寿命化が可能となる。

また、本実施形態では、回転速度領域を 4 段階に分けて、加算値を設定しているため、第 30 実施形態に比べて、実際の回転状況に応じて、より精度よくグリース補給タイミングを決定することが可能となる。

なお、本実施形態においては、グリース供給装置として、抵抗型給脂装置を使用した。これに限られず、積算値が所定値以上となったときに、軸受 710、710 にグリースを補給可能な装置であればなんでもよい。例えば、定量吐出型の給脂装置等を用いることが可能である。

また、本実施形態においては、背面組合せ形のアンギュラ玉軸受 710、710 を用いたが、これに限られず、正面組合せ形のアンギュラ玉軸受を用いてもよい。また、他の種類の玉軸受やころ軸受等のその他の転がり軸受を用いてもよい。

また、本実施形態では、加算値を高速領域で 10、中速領域で 1、低速領域で

0. 1、停止時に0としたが、これに限られず、主軸701及び軸受710の使用状態に応じて、適宜消耗の値を設定することが可能である。また、積算値の最大値についても、使用状態や耐久性等を考慮して、所望の値に設定することが可能である。

また、本実施形態では、回転速度領域を4段階に分けて、加算値を設定しているが、これに限られず、状況に応じて、回転速度領域の分割数を適宜設定してもよい。例えば、使用中の回転速度の変化が大きいものについては、分割数を増やすことにより、実際のグリースの劣化状況に即したグリース補給を行うことが容易になると考えられる。回転速度が殆ど変化しないものについては、例えば、“停止領域”と“可動領域”の二つの領域のみを用いることも可能である。

また、本実施形態では、1秒毎に回転速度を算出したが、適宜所望の値に設定することが可能である。

#### (第32実施形態)

以下、本発明に係る第32実施形態のグリース補給装置としてのグリース補給システムについて説明する。

図48は、本発明に係る第32実施形態の主軸装置を構成する軸受装置800の断面図である。軸受装置800は、主軸801と、ハウジング802と、主軸801に外嵌し、且つハウジング802に内嵌したアンギュラ玉軸受810、810とを有している。主軸801は、アンギュラ玉軸受810、810を介して、ハウジング802に対し回転可能である。

主軸801は、図示せぬモータ等の回転駆動機構に接続されており、回転駆動機構の駆動により回転する。本実施形態では、主軸801の最高回転速度は、 $2000\text{ min}^{-1}$ に設定されている。

各アンギュラ玉軸受810は、内輪813、外輪814、転動体としての玉815、及び、保持器816を有している。内輪813は、主軸801に外嵌しており、外周側に玉815を案内する内輪軌道813aを有している。外輪814は、ハウジング802に内嵌しており、内周側に玉815を案内する外輪軌道814aを有している。

玉 8 1 5 は、内輪 8 1 3 の内輪軌道 8 1 3 a と外輪 8 1 4 の外輪軌道 8 1 4 a との間に転動自在に配置されている。保持器 8 1 6 は、玉 8 1 5 を円周方向等間隔に転動自在に保持している。外輪 8 1 4 は、テーパ部 8 1 4 c を軸方向片側に有している。本実施形態においては、一对のアンギュラ玉軸受 8 1 0 は、それぞれの背面側が対向配置される、いわゆる背面組合せ形 (D B) で配置されている。

アンギュラ玉軸受 8 1 0, 8 1 0 の各内輪 8 1 3 及び外輪 8 1 4 間には、それぞれ主軸 8 0 1 及びハウジング 8 0 2 に沿って配置された内輪間座 8 0 5 及び外輪間座 8 0 6 が配置されている。内輪 8 1 3 及び内輪間座 8 0 5、並びに、外輪 8 1 4 及び外輪間座 8 0 6 は、内輪押さえ部材 8 0 3, 8 0 7 及び外輪押さえ部材 8 0 4 により付勢され、各軸受には予圧が与えられている。内輪押さえ部材 8 0 3 及び外輪押さえ部材 8 0 4 の間には、図示せぬ間隙が形成されており、両押さえ部材間にラビリンスを形成している。

本実施形態の外輪間座 8 0 6 には、ハウジング 8 0 2 から径方向に形成された補給孔 8 0 2 a, 8 0 2 a、及び、補給孔 8 0 6 a, 8 0 6 a と連通し、アンギュラ玉軸受 8 1 0, 8 1 0 の側面に開口した補給孔 8 0 6 b, 8 0 6 b が形成されている。

ハウジング 8 0 2 上には、アンギュラ玉軸受 8 1 0, 8 1 0 の内部にそれぞれ補給される追加グリースを蓄えるグリースタンク 7 2 0, 7 2 0 が設けられている。グリースタンク 7 2 0, 7 2 0 には、それぞれ給脂ノズル 7 2 2, 7 2 2 が連通している。各給脂ノズル 7 2 2 は、ハウジング 8 0 2 を貫通する貫通孔 8 0 2 a を介して、外輪間座 8 0 6 に形成された補給孔 8 0 6 a 内にその先端が差し込まれている。追加グリースは、ピストン 7 2 1 の動作に従い、給脂ノズル 7 2 2 及び補給孔 8 0 6 a 及び 8 0 6 b を介して、略軸方向にアンギュラ玉軸受 8 1 0 内へ補給される。

軸受装置 8 0 0 には、主軸 8 0 1 の回転速度を検出する回転センサ 6 4 0 が組み付けられている。回転センサ 6 4 0 は、主軸 8 0 1 に対向し、主軸 8 0 1 上に形成された、スリット、磁石、突起等の検出マークを検出することにより主軸 8 0 1 の回転速度に対応するパルス信号を生成する。

軸受装置 800 以外の構造は、第 30 実施形態または第 31 実施形態に記載したものと同一である。本実施形態では、第 30 実施形態のように、回転速度領域を 3 分割して、グリース補給タイミングを決定してもよいし、第 31 実施形態のように、回転速度領域を 4 分割して、グリース補給タイミングを決定してもよい。

上記の軸受装置 800 についても、第 30 実施形態又は第 31 実施形態と同様に、グリース補給タイミングを決定することにより、無駄な追加グリース補給を省き、適切なタイミングでグリースを補給することにより、グリース補給回数を減少させることが可能である。

### (第 33 実施形態)

以下、図 49～図 55 を参照しながら、本発明に係る第 33 実施形態のグリース補給装置としてのグリース補給システムについて説明する。

図 49 は、本実施形態のグリース補給システム 900 を含んだ主軸装置を示す図であり、図 50 は、本実施形態のグリース補給システム 900 が取り付けられたスピンドル 750 を示す図である。グリース補給システム 900 は、複数の転がり軸受を介して主軸 771 を回転可能に支承するスピンドル 750 にグリース補給ユニット 910 が併設された構成となっている。

このスピンドル 750 は、主軸ハウジング 761 内に外輪溝付きタイプのアンギュラ玉軸受 751 及び補給孔が片側に 1 本設けられた円筒ころ軸受 752 を用いて主軸 771 を支持している。なお、図 50 のスピンドル 750 は、例示のために異種の軸受を用いているが、同種の軸受のみから構成するようにしてもよい。

主軸ハウジング 761 は、ハウジング本体 762 と、ハウジング本体 762 の前端（図中左側）に内嵌固定された前側軸受ハウジング 763 と、ハウジング本体 762 の後側（図中右側）に内嵌固定された後側ハウジング 764 とを備えている。前側軸受ハウジング 763 の端部には、外輪押さえ部材 765 及び内輪押さえ部材 766 が設けられており、外輪押さえ部材 765 と内輪押さえ部材 766 との間には、ラビリンスが形成されている。主軸ハウジング 761 の後端面は、カバー 770 によって覆われている。

主軸 771 は、前側軸受ハウジング 763 に外嵌する 2 つのアンギュラ玉軸受

751, 751と、後側軸受ハウジング764に外嵌する1つの円筒ころ軸受752に内嵌することにより、主軸ハウジング761によって回転自在に支承されている。2つのアンギュラ玉軸受751, 751の外輪間には、外輪間座780が配置されており、また内輪間には、内輪間座776が配置されている。

主軸771の軸方向の略中央部には、ロータ786が外嵌固定されている。ロータ786の外周面側には、ステータ787が所定距離離れて同軸配置されている。ステータ787は、ステータ787の外周面側に配置されたステータ固定部材788を介してハウジング本体762に固定されている。ハウジング本体762とステータ固定部材788との間には、主軸771の周方向に沿う方向に複数の溝778が形成されている。この複数の溝778内には、ステータ787の冷却用の冷媒が流される。

同様に、ハウジング本体762と前側軸受ハウジング763との間であって、アンギュラ玉軸受751, 751の外周側にあたる部位には、ハウジングおよび軸受冷却用の冷媒が流される複数の溝777が形成されている。

この主軸ハウジング761の後端面には、軸受751, 751, 752のそれぞれにグリース補給を行うためのグリースが供給される3個のグリース補給口792が周方向に沿って開口している(図50には一つのみ図示)。これらの3つのグリース補給口792は、ハウジング本体762、前側軸受ハウジング763及び後側軸受ハウジング764内に形成されたグリース補給路793a, 793b, 793cにそれぞれ連通している(図50では、便宜上、各グリース補給路793a, 793b, 793cを同一断面に図示している)。これにより、本実施形態のスピンドル装置750は、外部に設けられたグリース補給ユニット910からグリース補給管940を介して主軸ハウジング761内にグリース補給可能に構成されている。

グリース補給路793aは、単列円筒ころ軸受752の外輪側に対応して形成された開口796に連通しており、グリース補給路793bは、前側(図左側)に配置されたアンギュラ玉軸受751の外輪側に対応して形成された開口794に連通しており、またグリース補給路793cは、後側(図中央)に配置された

アンギュラ玉軸受 751 の外輪側に対応して形成された開口 795 に連通している。これにより、グリース補給ユニット 910 から補給されたグリースは、各軸受 751, 751, 752 の外輪側まで独立に補給される。開口 794, 795, 796 は、各軸受 751, 751, 752 に形成された補給孔に連通しており、グリースは補給孔を介して軸受空間内部に独立に補給される。

次にグリース補給システム 900 について説明する。グリース補給システム 900 は、エア源 901 からグリース補給ユニット 910 にエアを供給し、グリース補給ユニット 910 内のグリースをスピンドル 750 に補給するものである。以下に、グリース補給システム 900 を構成する各部材について詳細に説明を行う。

エア源 901 とグリース補給ユニット 910 との間には、エアフィルタ 902、レギュレータ 903、ソレノイドバルブ 904、およびエア用圧力センサ 905 が設けられている。まず、エア源 901 とグリース補給ユニット 910 との間に設けられた各部材について説明を行う。

エアフィルタ 902 は、エア源 901 から送り出されたエア中の塵埃等を除去するためのフィルタである。エアフィルタ 902 を通過したエアは、レギュレータ 903 に送られる。

レギュレータ 903 は、上流から送られてきたエアの圧力を所定の設定値に調節するためのものである。レギュレータ 903 により適切な圧力とされたエアは、ソレノイドバルブ 904 に送られる。

ソレノイドバルブ 904 は、エア源 901 側から送られてくるエアを下流に設置されたグリース補給ユニット 910 側に送り出すエア供給路 930 を開閉するためのバルブである。このソレノイドバルブ 904 は、外部に設置された制御器 906 から送られる電流に応じて開閉動作する。ソレノイドバルブ 904 の開閉条件については、後述する。

エア用圧力センサ 905 は、ソレノイドバルブ 904 の下流側近傍に設けられている。このエア用圧力センサ 905 は、ソレノイドバルブ 904 を介してグリース補給ユニット 910 側に流れるエアの圧力を検出し、監視するためのセンサ

として機能する。具体的には、エア用圧力センサ 905 は、検出した圧力が所定圧力以上となると、ON 信号を制御器 906 に送出する。これにより、エア用圧力センサ 905 は、所定圧力以上のエアがソレノイドバルブ 904 からグリース補給ユニット 910 側に流れていることを制御器 906 に通知する。

グリース補給ユニット 910 は、スピンドル 750 の各軸受 751, 751, 752 にグリースを補給するユニットである。このグリース補給ユニット 910 は、グリース用圧力センサ 911 と、レベルセンサ 912 と、図示せぬピストンを内部に有し、グリースを貯蔵するグリースタンク 913 と、グリースタンク 913 内のグリースを一定量ずつ吐出する定量吐出装置 914 と、を備えている。

グリース補給ユニット 910 には、図 49 中に示すエア供給路 930 を介して、エア源 901 からエアが供給される。このエアは、スピンドル 750 に補給されるグリースを所定量貯蔵するための容器であるグリースタンク 913 および定量吐出装置 914 に供給される。グリースタンク 913 は、グリースタンク 913 内にエアが流入すると、グリースタンク 913 内に設けられたピストンがエアによって押圧され、グリースタンク 913 内のグリースを加圧する。そして、加圧されたグリースは、定量吐出装置 914 に送り出され、定量吐出装置 914 内に充填される。

定量吐出装置 914 には、グリースタンク 913 と同様に、ソレノイドバルブ 904 が ON となると、エアが供給される。供給されたエアは、内部に設けられた図示せぬピストンを押圧し、内部に充填されたグリースを一定量ずつグリース補給管 940 (図 49 では、3 本図示) に送り出すように構成されている。これら 3 本のグリース補給管 940 は、スピンドル 750 に開口したグリース補給孔 792 を介してグリース補給路 793 a, 793 b, 793 c にそれぞれ連通している。定量吐出装置 914 から吐出されたグリースは、グリース補給管 940 を介してグリース補給路 793 a, 793 b, 793 c に送られ、そしてスピンドル 750 内部の各軸受 751, 751, 752 内部にグリースが補給される。

ここで、ソレノイドバルブ 904 が ON となった後の動作を簡単に説明する。ソレノイドバルブ 904 が ON となると、エア源 901 からのエアがグリースタ



ンク 9 1 3 および定量吐出装置 9 1 4 に供給され、グリースタンク 9 1 3 および定量吐出装置 9 1 4 に設けられ各ピストンを押圧する。この状態で、グリースタンク 9 1 3 内部のグリースは、加圧された状態となる。一方、定量吐出装置 9 1 4 内のピストンは、定量吐出装置 9 1 4 内のグリースを加圧し、スピンドル 7 5 0 へグリース補給を行う。そして、ソレノイドバルブ 9 0 4 が OFF となると、定量吐出装置 9 1 4 内のピストンが元の位置に戻る。このとき、グリースタンク 9 1 3 内のエア圧を一定時間保持できる機構とすることにより、グリースタンク 9 1 3 内のピストンに圧力が負荷された状態となり、加圧されていたグリースが定量吐出装置 9 1 4 内に充填される。この充填されたグリースは、次回のグリース補給時に用いられる。以上が、ソレノイドバルブ 9 0 4 の開閉動作にともなうグリースタンク 9 1 3 および定量吐出装置 9 1 4 内のグリースの移動の説明である。

グリース用圧力センサ 9 1 1 は、グリースタンク 9 1 3 内から定量吐出装置 9 1 4 に送り出されるグリース圧力を検出するセンサである。このグリース圧力センサ 9 1 1 は、このグリース圧力を検出することにより、グリース補給ユニット 9 1 0 に流入したエアによってグリースタンク 9 1 3 内のピストンが正常に作動しているかどうかを監視する。具体的には、グリース用圧力センサ 9 1 1 は、検出した圧力が所定圧力以上となると、ON 信号を制御器 9 0 6 に送出する。これにより、グリース用圧力センサ 9 1 1 は、所定圧力以上のエアがソレノイドバルブ 9 0 4 側からグリース補給ユニット 9 1 0 内に流入し、グリースタンク 9 1 3 内のピストンが正常に作動したことを制御器 9 0 6 に通知する。

レベルセンサ 9 1 2 は、上述のグリースタンク 9 1 3 内のグリース残量を監視するためのセンサである。具体的に、レベルセンサ 9 1 2 は、グリースタンク 9 1 3 内のグリース残量が、例えばグリースタンク容量の 5 % 以下に低下すると、OFF 信号を制御器 9 0 6 に送出する。これにより、レベルセンサ 9 1 2 は、グリースタンク 9 1 3 内のグリース残量が残り少なくなり、補給、メンテナンス等の時期が近づいていることを制御器 9 0 6 に通知する。

スピンドル 7 5 0 には、主軸の回転速度を検出するための回転センサ 9 2 1 が

取り付けられている。回転センサ 921 は、主軸に対向し、主軸上に形成された、スリット、磁石、突起等の検出マークを検出することにより主軸の回転速度に対応するパルス信号を生成する。検出したパルス信号は、制御器 906 に送出される。

制御器 906 は、本グリース補給システム 900 を統括制御するためのコントローラである。制御器 906 は、エア用圧力センサ 905、グリース用圧力センサ 911、レベルセンサ 912 および回転センサ 921 から、ON/OFF 情報および回転速度情報を受信可能に構成されており、これらから受け取った信号に応じて、ソレノイドバルブ 904 開閉動作およびスピンドル 750 の主軸回転速度等を制御する。

また、制御器 906 には、表示装置 907、メモリ 908 及び入力装置 909 が接続されている。

この表示装置 907 は、制御器 906 から送られる信号を表示し、グリース補給システム 900 の状態をユーザに知らせるためのものである。表示装置 907 は、制御器 906 内部での判断結果を表示し、ユーザに本グリース補給システム 900 の動作状況を通知したり、警告を発してユーザに注意を喚起したりする。

メモリ 908 には、スピンドル 750 にグリースを補給するためのプログラムが保存されている。制御器 906 は、回転センサ 921 から送られる回転速度情報を受け取る毎に（本実施形態では、0.8 秒毎に回転速度情報を受け取る毎に）、プログラムに従い、グリース補給タイミング算出のための処理を行うように構成されている。

本実施形態のプログラムは、回転速度領域を、“低速領域”、“中速領域”、及び“高速領域”の 3 領域に分け、それぞれの回転速度領域毎に所定の加算値を有している。具体的に、“低速領域”とはスピンドル 750 の主軸 771 の回転速度が  $0 \text{ min}^{-1}$  以上かつ  $12000 \text{ min}^{-1}$  以下である領域（停止状態を含む）、“中速領域”とはスピンドル 750 の主軸の回転速度が  $12000 \text{ min}^{-1}$  より大きくかつ  $18000 \text{ min}^{-1}$  以下である領域、そして“高速領域”とは主軸 771 の回転速度が  $18000 \text{ min}^{-1}$  より大きい領域を指す。ここでは、“低速領域”に 1、“中

速領域”に2、そして”高速領域”に10がそれぞれ加算値として与えられている。

制御器906は、プログラムに従い、主軸771の回転速度が与えられる毎に、その時点での回転速度がどの回転速度領域に属しているか判断する。そして、対応する回転速度領域に対応する加算値を、メモリ908に保存された積算値に加える。そして、制御器906は、積算値が所定の上限以上となったとき、ソレノイドバルブ904に所定の電流を流すことにより、ソレノイドバルブ904を開状態とし、エア源901からグリース補給ユニット910へのエア供給を行い、定量吐出装置914内のグリースをスピンドル750内の各軸受へ補給する。そして、制御器906は、所定時間後にソレノイドバルブ904を閉状態とし、グリースタンク913から定量吐出装置914へのグリース供給が行われる。

ここでは、積算値の上限は、例えば900000に設定されている。この値は、高速領域での連続運転時では、25時間で補給が行われる値である。これは、主軸の最高回転速度 $22000\text{ min}^{-1}$ での軸受破壊時間が100時間であり、安全をみこして破壊時間に対し20～40%の値にグリース補給時間が収まるように積算値の上限及び高速領域の加算値(10)を決定している。また、低速領域の加算値(1)は、中速領域と高速領域の境界値 $18000\text{ min}^{-1}$ での破壊時間が1000時間であることを考慮し、スピンドル750が低速領域内で連続運転される場合には、破壊時間の25%に相当する250時間でグリースが補給されるように積算値の上限及び低速領域の加算値を決定している。すなわち、本実施形態では、グリース補給システム900の電源がONであれば、主軸が停止している状態であっても、最長250時間で自動的にグリースが補給されるように構成されている。

入力装置909は、制御器906を介してグリース補給システム900を操作するための入力装置であり、スタート釦、リスタート釦、リセット釦等の各種釦から構成されている。ユーザは、これらの釦を介してグリース補給システム900を操作可能に構成されている。

つぎに、図51～図55に示すフローチャートを参照しながら、本実施形態のグリース補給システム900の制御動作について説明を行う。

まず図51を参照して説明を行う。まず、グリース補給システム900の動作を開始すると、制御器906は、スピンドル750に設けられた回転センサ921から定期的に送られてくる回転速度情報を受け取り、この回転速度情報に基づきスピンドル750の主軸771の回転速度を読み取る（ステップS31）。

そして、読み取った回転速度を基に積算値Nに積算する加算値を決定し、積算処理を行う（ステップS32）。

図52は、ステップS32の積算処理の内容を示すフローチャートである。ここでは、検出した主軸の回転速度が、“低速領域”、“中速領域”、及び“高速領域”の3領域に分けられた回転速度領域のどれに該当するかに応じて、加算値を決定する。

まず、ステップS41において、検出した主軸の回転速度が低速領域（ここでは、0を含み $12000\text{ min}^{-1}$ 以下の領域）であるかどうかを判断する。そして検出した主軸の回転速度が、低速領域に該当すれば積算値Nに1を加えて積算処理を終了する（ステップS42）。

一方、検出した主軸の回転速度が、低速領域に該当しなかった場合には、ステップS43に移行し、検出した主軸の回転速度が中速領域（ここでは、 $12000\text{ min}^{-1}$ より大きく $18000\text{ min}^{-1}$ 以下の領域）であるかどうかを判断する。そして検出した主軸の回転速度が、中速領域に該当すれば積算値Nに2を加えて積算処理を終了する（ステップS44）。

また、検出した主軸の回転速度が中速領域に該当しなければ、主軸の回転速度は高速領域にあると判断し、積算値Nに10を加えて積算処理を終了する（ステップS45）。

再度、図51に戻って説明を行う。ステップS32で積算処理が終了すると、制御器906は、積算値Nが所定値より小さいかどうかについて、例えば9000000より小さいかどうかについての判断を行う（ステップS33）。ここで、積算値が所定値より小さい場合には、ステップS31に戻り、所定時間後再度回転速度を読み込んで、ステップS32で積算処理を行う。

一方、積算値Nが所定値、ここでは9000000以上である場合には、グリー

ス補給タイミングであると判断して、ステップS 3 4に移行する。

まず、ステップS 3 4では、制御器9 0 6は、積算値Nをリセットして0に戻す。そして、ステップS 3 5にて、制御器9 0 6は、ソレノイドバルブ9 0 4に所定の電流を流しソレノイドバルブ9 0 4を開動作させる(ステップS 3 5)。これにより、ソレノイドバルブ9 0 4を介してエアがグリース補給ユニット9 1 0に供給され、グリース補給ユニット9 1 0内の定量吐出装置9 1 4内のピストンを押し下げる。これにより、定量吐出装置9 1 4内のグリースが、スピンドル7 5 0内部の各転がり軸受の軸受空間内に補給される。また、同時に制御器9 0 6は、内部に設けられたグリースショット回数をカウントするグリースショットカウンタの積算値に1を加える。その後、ソレノイドバルブ9 0 4は、所定時間後に閉状態となると、定量吐出装置9 1 4内のピストンは初期位置に戻るとともに、グリースタンク9 1 3から次回供給用のグリースが定量吐出装置9 1 4内に供給される。

ここで、ソレノイドバルブ9 0 4が開となると、制御器9 0 6は、ステップS 3 6, S 3 7およびS 3 8において、エア用圧力センサ9 0 5、グリース用圧力センサ9 1 1, およびレベルセンサ9 1 2からのON・OFF信号の有無を確認し、グリース補給が正常に行われているかどうかについてのチェックを行う。以下、各チェック動作毎に説明を行う。

図5 3は、エア用圧力センサ9 0 5によるエア圧力チェック動作を説明するためのフローチャートである。

まず、制御器9 0 6は、エア用圧力センサ9 0 5からON信号を受信したかどうかを確認する(ステップS 5 1)。ここで、エア用圧力センサ9 0 5がON、すなわち、エア用圧力センサ9 0 5の測定エア圧力が所定値以上となっていると、正常なエア圧力が供給されていると判断し、ステップS 5 2に移行して、エア用圧力センサ9 0 5のOFF回数のカウントを0にリセットして、チェックを終了する。

一方、エア用圧力センサ9 0 5がOFF、すなわち、エア用圧力センサ9 0 5の測定エア圧力が所定値より小さくなっていると、制御器9 0 6は、正常なエア

圧力が供給されていないと判断し、エア用圧力センサ 905 の OFF 回数のカウンタを 1 加算する (ステップ S53)。

そして、ステップ S54 にて、エア用圧力センサ 905 の OFF 回数が 3 となっているかどうかを判断する。これは、エア用圧力センサ 905 の OFF 回数は、再トライに何回失敗したかを示すカウンタとなっており、カウンタが 2 回以下であれば、ステップ S35 に移行し、ソレノイドバルブ 904 を再度開動作する。

一方、エア用圧力センサ 905 のカウンタが 3 回となっていると、3 回ソレノイドバルブ 904 の開動作をトライしても圧力が所定値とならず、異常が発生していると判断する。そして、ステップ S55 にて「アラーム 1」を表示装置 907 に表示する。ここで、表示される「アラーム 1」は、例えば「確認！エアの圧力不足です。エアの圧力を確認して下さい。」と表示され、レギュレータ 903 の設定エア圧が適切であるかどうか、またはエア供給路 930 に何らかの異常がないかどうか等の確認を行うようユーザに促す。

そして、ステップ S56 にて、制御器 906 は、スピンドル 750 の主軸 771 の最高回転速度の設定を、中速領域 ( $12000 \text{ min}^{-1}$  より大きく  $18000 \text{ min}^{-1}$  以下の領域) の回転速度、例えば  $15000 \text{ min}^{-1}$  で回転するように回転速度を落とさせるように制御する。すなわち、初期状態では最高回転速度が例えば  $22000 \text{ min}^{-1}$  に設定されていた場合であっても、最高回転速度を  $15000 \text{ min}^{-1}$  に制限し、スピンドル 750 の主軸 771 がそれ以上の回転速度で回転しないように制限する。

これにより、グリースが補給されないことによるグリース不足により、軸受の焼き付き等が生じにくくなるような制御が行われる。ここで、回転速度の上限を中速領域の最大値  $18000 \text{ min}^{-1}$  となるように制御してもよい。

そして、この状態の後には、ステップ S57 にて、ユーザが何らかの対処を行い、入力装置 909 中のリスタート釦が押されるまで待機する。このリスタート釦が押されると、制御器 906 は、表示装置 907 に表示されていたアラーム 1 の表示をリセットし (ステップ S58)、エア用圧力センサ 905 の OFF 回数を 0 に再設定し (ステップ S59)、ステップ S56 で設定された回転速度制限を解除し

て（ステップS 6 0）、ステップS 3 5に戻り、再度ソレノイドバルブ 9 0 4 を開動作する。

エア用圧力センサ 9 0 5 のチェック動作についての説明は以上である。

次に、グリース用圧力センサ 9 1 1 のグリース圧力チェック動作について説明する。図 5 4 は、グリース用圧力センサ 9 1 1 のチェック動作を説明するためのフローチャートである。

まず、制御器 9 0 6 は、グリース用圧力センサ 9 1 1 から ON 信号を受信したかどうかを確認する（ステップS 6 1）。ここで、グリース用圧力センサ 9 1 1 が ON、すなわち、グリース用圧力センサ 9 1 1 の圧力が所定値以上となっていると、グリースタンク 9 1 3 内のピストンが正常に作動していると判断し、そのままチェックを終了する。

一方、グリース用圧力センサ 9 1 1 が OFF、すなわち、グリース用圧力センサ 9 1 1 の圧力が所定値より小さくなっていると、グリースタンク 9 1 3 内のピストンが正常に動作しておらず、定量吐出装置 9 1 4 にグリースが供給されていないと判断し、ステップS 6 2 にて”アラーム 2”を表示装置 9 0 7 に表示する。

ここで、表示される”アラーム 2”は、例えば「異常！グリースタンクの圧力不足です。サービスマンに至急連絡をして下さい。回転速度の上限を  $15000\text{ min}^{-1}$  で制限します」と表示され、至急対処を行うようにユーザに促す。

そして、ステップS 6 3 にて、制御器 9 0 6 は、スピンドル 7 5 0 の主軸 7 7 1 の最高回転速度の設定を、中速領域（ $12000\text{ min}^{-1}$  より大きく  $18000\text{ min}^{-1}$  以下の領域）の回転速度、例えば  $15000\text{ min}^{-1}$  で回転するように回転速度を落とさせるように制御する。すなわち、初期状態では最高回転速度が例えば  $22000\text{ min}^{-1}$  に設定されていた場合であっても、最高回転速度を  $15000\text{ min}^{-1}$  に制限し、スピンドル 7 5 0 の主軸 7 7 1 がそれ以上の回転速度で回転しないように制限する。

これにより、グリースが補給されないことによるグリース不足により、軸受の焼き付き等が生じにくくなるような制御が行われる。ここで、回転速度の上限を中速領域の最大値  $18000\text{ min}^{-1}$  となるように制御してもよい。

そして、この状態の後は、ステップS 6 4にて、ユーザが何らかの対処を行い、入力装置9 0 9中のアラーム解除釦が押されるまで待機する。このアラーム解除釦が押されると、制御器9 0 6は、ステップS 6 5にて表示装置9 0 7に表示されていたアラーム2の表示をリセット（アラーム3, 4が表示されている場合にはこれらも同時にリセット）し、グリースショット回数カウンタを0にリセットし（ステップS 6 6）、ステップS 6 3で設定された回転速度制限を解除して（ステップS 6 7）、グリース用圧力センサ9 1 1のチェック動作を終了する。

次に、レベルセンサ9 1 2のチェック動作について説明する。図5 5は、レベルセンサ9 1 2のチェック動作を説明するためのフローチャートである。

まず、制御器9 0 6は、レベルセンサ9 1 2からOFF信号を受信したかどうかを確認する（ステップS 7 1）。ここでレベルセンサ9 1 2がON状態であれば、グリースタンク9 1 3内のグリース残量は、十分な量（ここでは、グリースタンク容量の5 %以上）であると判断し、そのままレベルチェック動作を終了する。

一方、レベルセンサ9 1 2がOFFである場合には、グリースタンク9 1 3内のグリース残量が、グリースタンク容量の5 %未満であり、グリース補給ユニット及び主軸スピンドルのメンテナンスのタイミングが近づいていると判断し、ステップS 7 2にて”アラーム3”を表示装置9 0 7に表示する。

ここで、表示される”アラーム3”は、例えば「注意！補給ユニット、スピンドルのメンテナンス時期が近いです。サービスマンに連絡して下さい。」と表示され、ユーザにメンテナンスを行うように促す。

そして、グリースショット回数カウンタに1を加算（ステップS 7 3）し、カウンタを確認し、現在までのグリースショットが3 0回より少ないかどうかを判断する（ステップS 7 4）。ここで、グリースショット回数が3 0回より少なければ、問題無しとしてレベルチェックを終了する。

一方、グリースショット回数が3 0回目であれば、至急グリース補給ユニット9 1 0およびスピンドル7 5 0のメンテナンスが必要であると判断し、ステップS 7 5にて”アラーム4”を表示装置9 0 7に表示する。

ここで、表示される”アラーム4”は、例えば「警告！補給ユニット、スピンド



ルのメンテナンスが必要です。至急サービスマンに連絡して下さい。回転速度の上限を $15000\text{ min}^{-1}$ で制限します。」と表示され、ユーザにメンテナンスを行うように強く促す。

そして、ステップS76にて、制御器906は、スピンドル750の主軸771の最高回転速度の設定を、中速領域( $12000\text{ min}^{-1}$ より大きく $18000\text{ min}^{-1}$ 以下の領域)の回転速度、例えば $15000\text{ min}^{-1}$ で回転するように回転速度を落とさせるように制御する。すなわち、初期状態では最高回転速度が例えば $22000\text{ min}^{-1}$ に設定されていた場合であっても、最高回転速度を $15000\text{ min}^{-1}$ に制限し、スピンドル750の主軸771がそれ以上の回転速度で回転しないように制限する。

これにより、グリースタンク913内のグリース残量が少なくなった場合であっても回転速度を落としてやることによりグリース補給スパンを長くしてグリース消費量を抑制し、グリース不足により軸受の焼き付き等が生じにくくなるような制御が行われる。ここで、回転速度の上限を中速領域の最大値 $18000\text{ min}^{-1}$ となるように制御してもよい。

主軸771の回転速度が変更された後には、図54のステップS64に移行し、以後メンテナンスが終了した後は、ステップS64移行の動作を行って、正常状態に復帰する。

制御器906は、ステップS36、S37およびS38において、エア用圧力センサ905、グリース用圧力センサ911、およびレベルセンサ912からのON・OFF信号の有無を確認し、グリース補給が正常に行われているかどうかについてのチェックを行い、グリースがスピンドル750に補給されたことを確認すると、ソレノイドバルブ開動作から所定時間後にソレノイドバルブを閉状態とし、ステップS31に戻って、積算値の積算動作を再開する。

本実施形態では、以上の動作を繰り返すことにより、スピンドル750への断続的なグリース補給が行われる。

以上説明したように、本実施形態によれば、主軸の回転速度を所定時間毎に読み取り、回転速度領域は、回転速度に応じて“低速領域”、“中速領域”、“高速領域

”の 3 領域に分けられており、それぞれの領域に応じた加算値を積算値に加える。そして、積算値が所定値以上となった場合にのみ、スピンドル 750 に追加グリース補給を行う。

したがって、スピンドル 750 の回転速度、すなわち、グリースの劣化状態に応じて適切にグリースを補給することが可能となる。また、制御器 906 は、主軸が回転していない場合であっても、積算値に 1 を加えることにより、積算値を増加させる。これにより、主軸 771 が非回転状態にあるときであっても、グリース補給を行う最大時間長が定められている。したがって、スピンドルが停止している場合であっても、電源が ON になっていれば最大時間長内にグリースが補給されるため、停止→加速→一定速→減速→停止といったサイクルであっても常に安定したグリースを補給することが可能となる。

また、本実施形態によれば、エア用圧力センサ 905 およびグリース用圧力センサ 911 を設け、これらのエア用圧力センサ 905、グリース用圧力センサ 911 の検出状態に応じて、適切なアラームを表示装置 907 上に表示させるように構成したため、ユーザがメンテナンス時期に特に気を使わなくても、適切なタイミングでユーザに適切なアドバイスをを行い、グリース補給システム 900 を常に正常な状態に保つことが可能となる。これにより、メンテナンス不足による追加グリースの欠如等により生じる恐れのある軸受の破損を未然に防ぐことが可能となる。

また、積算値のリセット回数を積算することにより、グリースタンク内のグリース残量を推定することが可能となり、表示装置 907 にグリース残量を表示することも可能となり、メンテナンスの時期を予測することができる。

また、本実施形態によれば、主軸の回転状態及び異常検出のレベルに応じて、主軸の回転速度を高速領域よりも一つ下の回転領域中の回転速度に落とすように構成している。すなわち、高速領域で回転していた場合には、一つ下の速度領域である中速領域中の回転速度に落とす。これにより、グリースタンク 913 内のグリース残量が少なくなった場合であっても回転速度を落としてやることによりグリース補給スパンを長くしてグリース消費量を抑制し、グリース不足により軸

受の焼き付き等が生じにくくなるような制御が行われ、その焼き付きが生じる可能性を低減させることが可能となる。

なお、本実施形態では、加算値を高速領域で10、中速領域で2、低速領域で1としたが、これに限られず、主軸及び軸受の使用状態に応じて、適宜消耗の値を設定することが可能である。また、積算値の最大値についても、使用状態や耐久性等を考慮して、所望の値に設定することが可能である。

また、本実施形態では、回転速度領域を3段階に分けて、加算値を設定しているが、これに限られず、状況に応じて、回転速度領域の分割数を適宜設定してもよい。例えば、使用中の回転速度の変化が大きいものについては、分割数を増やすことにより、実際のグリースの劣化状況に即したグリース補給を行うことが容易になると考えられる。

また、本実施形態では、エア圧を利用してグリース補給を行うグリース供給ユニット910を用いたが、これに限られることはなく、エア駆動以外のグリース補給ユニットを用いて、本実施形態と同様のグリース補給タイミングでグリース補給を行うように構成してもよい。

また、本実施形態では、スピンドル750を例示して、グリース補給に関する説明を行ったが、これに限られることはなく、その他の工作機械主軸用スピンドル、モータ用主軸スピンドル等に適用してもよい。

また、本実施形態では、0.8秒毎に回転速度を算出するとして説明を行ったが、これに限られることもなく、状況に応じた任意の時間間隔で回転速度の算出を行うように構成してもよい。

以上、第30～33実施形態のグリース補給装置、グリース補給装置を用いた主軸装置、グリース補給方法、及びグリース補給プログラムによれば、グリースの攪拌抵抗による影響を最小限に抑えるとともに、軸受の長寿命化を図ることが可能となる。

上記実施形態によれば、軸の回転速度に応じて、追加グリースを補給する補給タイミングを制御するので、転がり軸受の使用頻度に応じた間隔で、適切にグリースを補給することが可能となる。また、一定タイミングでグリースを補給する

場合と比較し、無駄なグリース補給を避けグリース補給回数を減少することが可能である。したがって、過剰なグリースを補給することなく、最適な間隔でグリースを補給することができ、軸受の焼き付き等を未然に防ぎ、かつ軸受温度を安定に保つことが可能となる。

また、上記実施形態によれば、グリースの補給方向が径方向である場合であっても、軸方向である場合であっても同じように適用することが可能である。

また、上記実施形態によれば、回転速度に応じて加算値を設定し、実測の回転速度に応じて加算値を積算し、積算値が所定値以上となった場合にグリースを補給するので、転がり軸受の使用頻度に応じた間隔で、適切にグリースを補給することが可能となる。また、一定タイミングでグリースを補給する場合と比較し、無駄なグリース補給を避けグリース補給回数を減少することが可能である。したがって、過剰なグリースを補給することなく、最適な間隔でグリースを補給することができ、軸受の焼き付き等を未然に防ぎ、かつ軸受温度を安定に保つことが可能となる。

また、上記実施形態によれば、前記積算値はグリース補給時にリセットされて、再度積算値の積算を開始する。したがって、一旦始動させたら、意図的に停止するまで、上記アルゴリズムに従ってグリース補給を行うため、ユーザがグリース補給タイミングを意識することなく利用することができ、ユーザの手間を削減することが可能となる。

また、上記実施形態によれば、前記積算値のリセット回数を積算することにより、何回グリース補給したかについて認識することが可能である。したがって、グリース補給装置内のグリース残量を把握することができ、メンテナンス時間を予測することが可能となる。

また、上記実施形態によれば、前記軸の停止時は加算値を0とし積算を行わない。したがって、長期間軸受装置を使用していないときにグリースを補給するといった不具合の発生を避けることが可能となる。

また、上記実施形態によれば、前記グリース補給装置内のグリース残量が所定値以下になったときに前記軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御

する。したがって、グリース残量が減少しメンテナンスが必要なような場合には、前記軸の回転速度を所定回転速度以下となるように制御する。これにより、メンテナンスが行われ、グリースがグリース補給装置に補充されるまでは、回転速度を落としてやることによりグリース補給間隔が自ずと長くなる。したがって、少ないグリースを長時間にわたって補給することが可能になり、メンテナンス等が必要な場合に、高い回転速度で軸が回転することによって、軸受が焼きついてしまう等の故障の発生を未然に防ぐことが可能となる。

また、上記実施形態によれば、前記所定の回転速度は、前記複数の領域の最高回転速度領域の1つ下の回転速度領域中にある。このように、前記軸の回転速度を所定回転速度以下となるように制御する制御においては、最高回転速度領域で回転している主軸の回転速度を一つ下の回転速度領域に落とす制御が最も有効である。すなわち、最高回転速度領域で回転している軸の回転速度を落としてやることにより、グリースの消費量を抑え、軸受が焼きついてしまう等の故障の発生を未然に防ぐことが可能となる。

なお、第30～33の実施形態では、スピンドルの主軸に回転センサを設けて、主軸の回転速度を検出してグリース補給タイミングを制御したが、転がり軸受の内部にグリースを補給するグリース補給機構を備えたグリース補給装置であれば、転がり軸受の内輪又は外輪のいずれか一方の回転輪の回転速度を検出する回転センサを設けて、制御手段によって回転輪の回転速度に応じてグリース補給タイミングを制御するようにしてもよい。

#### (第34実施形態)

以下、本発明の第34実施形態に係るグリース補給装置及び主軸装置を図56～60に基づいて詳細に説明する。

図56に示すように、本実施形態のグリース補給装置（或いはグリース補給機構）を構成するグリース供給装置1010は、吸気口からのエア配管1011の途中にソレノイドバルブ1012が設けられている。また、エア配管1011aの一方の端部は抵抗機構1012aを介して軸受1013に供給するグリースGrを収容するグリースタンク1014に接続されている。また、グリースタンク

1014内にグリースタンク1014内のグリースに圧力を加えるタンク内ピストン1015が配置されている。

一方ソレノイドバルブ1012からのエア配管1011bと、グリースタンク1014からグリースを軸受1013に供給するグリース配管1025との間に機械式定量型ピストンポンプ1019が配置されている。そして、グリースタンク1014と機械式定量型ピストンポンプ1019をグリース配管1017aで接続している。

グリースタンク1014のタンク内ピストン1015の周縁の溝部分1016にグリースタンク1014の内面に対向するように、磁石1017及びピストンリング又はＯリング1016aが取り付けられている。また、レベルセンサ1018aがグリースタンク1014の外側に取り付けられている。グリースタンク1014と機械式定量型ピストンポンプ1019を接続するグリース配管1017aに圧力センサ1018bが設置されている。

図57に示すように、前記構成のグリースタンク1014は、グリース供給装置1010の使用時間（作動回数）が経過するにつれて、機械式定量型ピストンポンプよりグリースが吐出されることによりグリースタンク1014内のグリースGrを消費する。つまり、タンク1014内のピストンが底面方向に進む。

そして、タンク内ピストン1015がレベルセンサ1018aの設定値の高さに到達したらグリースタンク1014内のタンク内ピストン1015の磁石1017によりレベルセンサ1018aが反応する。レベルセンサの1018aの反応を電氣的に感知し、スピンドル運転装置に出力することにより、周囲にグリースGrの残存量が少ないことを知らせる。

一方、グリースの加圧状況を監視するために設置された圧力センサ1018bは、次のように作用する。

図58に示すように、グリースタンク1014内にエアを供給し、タンク内ピストン1015に圧力をかけてグリースに圧力をかける。グリースにある一定の圧力が加圧されるとグリースの圧力を監視している圧力センサ1018bが反応する。圧力センサ1018bの圧力を電氣的に検知し、スピンドル運転装置に出

力することにより、周囲にグリースタンク 1014 よりグリースが機械式定量型ピストンポンプ 1019 へ送られていることを知らせる（図 56 参照）。

なお、グリースタンク 1014 よりグリースが機械式定量型ピストンポンプ 1019 へ搬送される途中で異常がある場合、圧力センサ 1018b が検知し、その信号をスピンドル運転装置に出力することにより、周囲に機械式定量型ピストンポンプ 1019 からスピンドル内へグリースが吐出されていないことを知らせる。

また、抵抗機構 1012a は、グラファイトや焼結材などであり、ソレノイドバルブ 1012 が OFF になった後のある一定の時間グリースタンク内ピストン 1015 に圧力を加えるように構成されたものである。抵抗機構 1012a にグラファイトを使用した場合のタンク内圧力を示したグラフを図 66 に示す。グリースの残存量によりグリースタンク内のエアの体積が変化するために圧力が上昇する時間に変化がある。しかし、ソレノイドバルブ 1013 を OFF した後、グリースタンク 1014 内部は圧力を保持し、ソレノイドバルブ 1013 の OFF 時にグリースタンク 1014 内のグリース Gr を機械定量式ピストンポンプ 1019 に一定量のグリースを供給する。なお、抵抗機構 1012a の代わりにチェック弁やスピードコントローラなどを使用してもよい。

図 59 及び図 60 は本発明のグリース補給装置の回路図である。図 59 に示すように、エア源 1020 からエアフィルタ 1021 及びレギュレータ 1022 を通ってエア配管 1011 がソレノイドバルブ 1012 に接続されている。また、エア配管 1011 がソレノイドバルブ 1012 を介してエア用圧力センサ 1023 に延びている。エア用圧力センサ 1023 からエア配管 1011a を介してグリース供給装置 1010 に接続されている。グリース供給装置 1010 は、グリース用圧力センサ 1018b 及びレベルセンサ 1018a を有し、グリース配管 1025 によって、回転センサ 1024a を備えたスピンドル 1024 に接続されている。ソレノイドバルブ 1012 と各センサの動作をシーケンスコントローラ 1030 が監視している。

図 60 に示すように、ソレノイドバルブ 1012 の動作に対する各センサの検

知動作を示す図である。グリース供給装置 1010 の作動について説明する。

まず、ソレノイドバルブ 1012 を ON する。グリース供給装置 1010 にエアが供給され、機械式定量型ピストンポンプ 1019 のピストン 1019a が作動してグリースがスピンドル 1024 に接続している配管 1025 に吐出される。

次に、ソレノイドバルブ 1012 を OFF する。OFF すると同時に機械式定量型ピストンポンプ内のピストンが元に戻り、この時グリースタンク内のグリースは加圧されているのでグリースタンクから機械式定量型ピストンポンプにグリースが充填される。前記動作を繰り返すことによって、グリースの残存量が少なくなる。ソレノイドバルブ 1012 が OFF になる前後一定時間の間、グリース圧力センサ 1018b の動作を監視する。これは、グリースタンク 1014 内のグリースが機械式定量型ピストンポンプ 1019 内へグリースが搬送されているかを確認するためである。

グリース圧力センサ 1018b が反応しない場合には、シーケンスコントローラ 1030 がグリース圧力センサ 1018b が反応しないことを検知してスピンドル 1024 の最高回転速度を制御する。グリース潤滑であるためすぐに停止する必要はなく、グリースを補給しなくても寿命がもつ回転速度以下に制御すれば使用可能である。グリース残存量がレベルセンサ 1018a とグリースタンク内ピストン 1015 内に取り付けられた磁石 1017 と同じ水準の位置になると、レベルセンサ 1018a が反応する。これをシーケンスコントローラ 1030 が検知してスピンドル 1024 の最高回転速度を制御する。

また、グリース供給装置 1010 を作動させるエアについては、エアが供給されていない場合は、エア用圧力センサ 1023 が反応し、これをシーケンスコントローラ 1030 が検知してスピンドル 1024 の回転速度を制御する。エア用圧力センサ 1023 の監視時間（図 60 の T2、T3）は、ソレノイドバルブが ON（図 60 の T1）の時間内であればいつでもよい。

グリースタンク 1014 にグリース残存状態を検知するレベルセンサ 1018a の設置を行わなかった場合、グリースの残存量が 0cc にもかかわらず、スピンドル 1024 の運転を高速回転することにより、スピンドル内軸受 1013 に



損傷が生じる。しかし、グリースタンク 1014 にレベルセンサ 1018a を設置することにより、グリースの残存量が少ない場合は、レベルセンサ 1018a が検知することによりグリースタンク 1014 内へグリースを補充、若しくはグリースを補給しなくてもスピンドル内軸受 1013 が損傷しない回転速度の回転を行うことができるために、軸受 1013 の損傷を防止することができる。

また、グリースが機械式定量型ピストンポンプ 1019 へ補充されない場合、機械式定量型ピストンポンプ 1019 からグリースが吐出されず高速回転している軸受 1013 の損傷が生じる。しかし、グリースの搬送状況をグリース圧力センサ 1018b で監視することにより、高速回転を行っている軸受 1013 に損傷が発生する前にグリース供給装置 1010 の不具合を発見することにより軸受 1013 の損傷を防止することができる。

#### (第 35 実施形態)

次に、図 61 に基づいて、第 35 実施形態を説明する。第 34 実施形態と同じ部品には同じ符号を付して詳細な説明を省略する。第 34 実施形態と異なる点は、グリースタンク 1014 と機械式定量型ピストンポンプ 1019 へ供給するエアを別系統としたことである。すなわち、グリースタンク 1014 へエアを供給するバルブはソレノイドバルブ 1012 であるが、この他にさらに機械式定量型ピストンポンプ 1019 へエアを供給するソレノイドバルブ 1029 の 2 個のソレノイドバルブを設けた。

この場合の動作は、機械式定量型ピストンポンプのソレノイドバルブ 1029 が OFF (閉) になってから数秒～数分後にグリースタンクのソレノイドバルブ 1012 が OFF (閉) になるように設定する。このように構成されたグリース供給装置でも同様の効果が得られる。その場合、図 56 で示した抵抗機構 1012a は不要である。

図 62 は図 61 に示したグリース補給装置の回路図である。図 61～図 62 に示すように、エア源からエアフィルタ 1021 及びレギュレータ 1022 を通ったエア配管は、ソレノイドバルブ 1012, 1029 に接続される。第 2 ソレノイドバルブ 1029 からのエア配管は、第 2 ソレノイドバルブ 1029 を介して

圧力センサ（エア監視）１０２３に延び、グリース供給装置１０１０の機械式定量型ピストンポンプ１０１９に接続される。一方、第１ソレノイドバルブ１０１２からのエア配管は、第１ソレノイドバルブ１０１２を介してグリース供給装置１０１０のグリースタンク１０１４に接続される。

図６３は図６２に示したグリース補給装置の制御方法を示す図である。図６１～図６３に示すように、第２ソレノイドバルブ１０２９がＯＮし、機械式定量型ピストンポンプ１０１９のピストン１０１９ａが作動し、グリースが吐出される。そして、第１ソレノイドバルブ１０１２がＯＮし、グリースタンク１０１４内のピストン１０１５が加圧される。

次に、第２ソレノイドバルブ１０２９をＯＦＦする。ＯＦＦすると同時に、機械式定量型ピストンポンプ１０１９のピストン１０１９ａが元に戻り、グリースタンク１０１４から機械式定量型ピストンポンプ１０１９へグリースが充填される。グリースが機械式定量型ピストンポンプ１０１９に充填された後に第１ソレノイドバルブ１０１２をＯＦＦする。

#### （第３６実施形態）

図６４，６５は、本発明の第３６実施形態に係るグリース補給装置の回路図と制御方法を示す。本実施形態では、エアの第２の圧力センサ（エア監視用）１０２６をソレノイドバルブ１０１２を介した配管に接続している。その他の構成は、第３５実施形態のグリース補給装置と同様である。このように構成されたグリース補給装置でも同様の効果が得られる。

なお、上記構成例は単なる例示であり、種々の変形変更が可能である。例えば、グリースタンク１０１４内のピストン１０１５に第３４，３５実施形態では、磁石を使用したか、センサ反応するものであれば電氣的信号などを発信することにより、レベルセンサ１０１８ａを反応させても良い。また、レベルセンサ１０１８ａは、ピストン１０１５の動きに対して機械的に反応するもの、若しくは電氣的に反応するものでも良い。

また、グリースタンク内のピストン１０１５の動きを検知するレベルセンサ１０１８ａは、タンク外に設置する例について説明したが、タンク内に設置するこ

とも可能である。第 3 4, 3 5 実施形態では、グリースタンク内のピストン 1 0 1 5 に磁石 1 0 1 7 を取り付け、グリースタンク 1 0 1 4 にレベルセンサ 1 0 1 8 a を取り付ける形態について説明したが、ピストン 1 0 1 5 にレベルセンサ 1 0 1 8 a を取り付け、グリースタンク 1 0 1 4 に磁石 1 0 1 7、またはレベルセンサ 1 0 1 8 a が反応する物質を取り付けることも可能である。

また、グリースの加圧状態を監視するグリース圧力センサ 1 0 1 8 b の設置場所は、グリースタンク 1 0 1 4 内のグリースが貯蓄されており、グリースタンク用ピストン 1 0 1 5 が摺動しない場所であればどの場所についても同じ測定効果が得られる。また、グリースの圧力変化に対して機械的に反応するものでも電気的に反応するものでも効果が得られる。また、グリースタンク 1 0 1 4 内のピストン 1 0 1 5 に圧力をかけるにあたってエアを使用したか、モーターや機械式装置などを使用してグリースタンク 1 0 1 4 内のピストン 1 0 1 5 を加圧することもできる。

以上説明したように、第 3 4 ~ 3 6 実施形態のグリース補給装置及び主軸装置によれば、グリース供給装置のグリースを貯蔵するグリースタンクにセンサを取付けることによって、軸受に潤滑不良が発生することがなく、軸受に焼付を起こすことがない。したがって、軸受の長寿命化を実現することが可能になる。

上記実施形態によれば、グリース供給装置のグリースを貯蔵するグリースタンクにレベルセンサを取付け、グリースタンク内のグリースを加圧するピストンに磁石を埋め込む。グリースタンク部にレベルセンサを取付け、ピストンの位置を監視することにより、グリースの残存量が少なくなったらアラームを発生し、グリースの残存量が少ないことを周囲に知らせる。これによって、軸受に潤滑不良が発生することがなく、軸受に焼付を起こすことがない。

また、上記実施形態によれば、グリースタンクと機械式定量型ピストンポンプを接続するグリース配管に圧力センサを設置し、グリースの加圧状況を監視する。この監視は、グリースが機械式定量型ピストンポンプに搬送されているかについて監視している。グリース配管内のグリースが加圧されない場合、圧力センサがこの状態を検知して、アラームを発生する。これにより、配管内のグリースに圧

力が発生せず、機械式定量型ピストンポンプにグリースが補充されていないことを周囲に知らせる。これによって、軸受に潤滑不良が発生することがなく、軸受に焼付を起こすことがない。

以下、本発明の第 37～第 43 実施形態のグリース補給装置（グリース補給機構）を図 67 乃至図 76 に基づいて詳細に説明する。なお、第 38～43 の各実施形態において、第 37 実施形態で説明した部材等と同様な構成・作用を有する部材等については、図中に同一符号または相当符号を付することにより、説明を簡略化或いは省略する。

#### （第 37 実施形態）

図 67 に示すように、第 37 実施形態のグリース補給装置（グリース補給機構）1110 は、グリースタンク 1111、機械式定量型ピストンポンプであるグリース定量吐出機構 1112、グリース補給用配管 1113、ノズル 1114、から構成されており、軸受装置や工作機械あるいは高速モータ用の主軸装置に適用される。

グリースタンク 1111 は、筒形状のタンク本体 1115 の内部にタンクピストン 1116 が収容されており、基端部が圧力導入管 1117 に連通接続され、先端部に吐出口 1118 が配されている。また、グリースタンク 1111 は、タンクピストン 1116 と吐出口 1118 との間の空間内にグリース Gr が封入されている。グリースタンク 1111 には、圧力導入管 1117 から所定の圧力が、常時もしくは定量吐出ピストン 1123 が戻るときに数秒から数分間与えられる。

吐出口 1118 は、送給管 1119 を通じてグリース定量吐出機構 1112 に備えたシリンダ 1120 内の定量グリース室 1121 に連通接続されている。

グリース定量吐出機構 1112 は、シリンダ 1120、定量吐出ピストン 1123、戻しばね 1124、逆止弁 1125 を備えている。

シリンダ 1120 は、有底の筒形状であり、先端部に吐出部 1126 が形成されている。また、シリンダ 1120 は、吐出部 1126 側が定量グリース室 1121 になっており、反吐出部 1126 側である底板 1127 側が空気室 1128 になっている。定量グリース室 1121 には、グリースタンク 1111 からグリ

ースG r が送給される。

エアバルブ1122は、脱圧機能付きエアバルブであり、内部にはエア供給バルブ1122aと脱圧バルブ1122bを備えている。一端部が空気導入管1129を通じて図示しない圧縮空気発生源に連통接続され、他端部が空気送給管1130を通じてシリンダ1120内の空気室1128に連통接続されている。

また、エアバルブ1122は、外部の制御回路から所定の電流が供給されることによってエア供給バルブ1122a開かつ脱圧バルブ1122b閉となり、加圧された圧縮空気をシリンダ1120内の空気室1128に導入し、電流が遮断されるとエア供給バルブ1122a閉かつ脱圧バルブ1122b開となって、脱圧バルブ1122bにより脱圧することにより、空気室1128及び空気送給管1130内は加圧状態でなくなる。

なお、脱圧バルブ1122bはエアバルブ1122に搭載されていなくてもよく、空気室1128もしくは空気送給管1130に配置されていてもよい。

定量吐出ピストン1123は、定量グリース室1121と空気室1128との間において、シリンダ1120内を筒方向に往復移動可能に配されている。定量吐出ピストン1123は、端部がシリンダ1120の底板1127に係止された戻しばね1124を介してシリンダ1120内に組み込まれている。定量吐出ピストン1123の吐出量は、0.003～0.12ccに設定されている。

戻しばね1124は、自然長で定量吐出ピストン1123に組み付けられており、定量吐出ピストン1123が前進移動する際に伸び、定量吐出ピストン1123の前進移動が終了してから自然長に復帰することによって定量吐出ピストン1123を後退移動させる。

逆止弁1125は、シリンダ1120の吐出部1126に連통接続されている。逆止弁1125は、定量吐出ピストン1123がシリンダ1120内を前進移動することによって定量グリース室1121に送給されたグリースG r が圧送されたときに弁体1131が吐出部1126を開放する。逆止弁1125は、グリース補給用配管1113の一端部に連통接続されている。

グリース補給用配管1113は、他端部がノズル1114に連通されている。

ノズル 1114 は、玉軸受や円筒ころ軸受等を備えた主軸装置を構成する軸受装置 1135 の側部に配されている。

図 68 に示すように、シリンダ 1120 の内壁には、予め定められた距離を置いて 2 個のピストンストッパ 1132, 1133 が形成されている。2 個のピストンストッパ 1132, 1133 のうちの底板 1127 側に配された一方のピストンストッパ 1132 は、空気室 1128 内の圧縮空気がなくなることにより、戻しばね 1124 により定量吐出ピストン 1123 が復動側に後退移動した際の後端位置 a1 を設定する機能を有している。

吐出部 1126 側に配された他方のピストンストッパ 1133 は、空気室 1128 内に圧縮空気が導入されることによって、定量吐出ピストン 1123 が往動側に前進移動した際の前端位置 a2 を設定する機能を有する。

次に、図 69 及び 70 を用いて第 37 実施形態のグリース補給装置（グリース補給機構）1110 の動作を説明する。図 69 に示すように、グリース吐出前状態では、エアバルブ 1122 がバルブ閉であるため、定量吐出ピストン 1123 は後端位置 a1 にあり、逆止弁 1125 は、弁体 1131 が吐出部 1126 を閉塞している。

図 70 に示すように、通電によってエアバルブ 1122 がバルブ開となる。すると、空気室 1128 内に圧縮空気が導入されるため、定量吐出ピストン 1123 が、後端位置 a1 から前端位置 a2 まで前進移動し、定量グリース室 1121 内に貯留されている所定量のグリース Gr が逆止弁 1125 に送られる。

そのため、逆止弁 1125 の弁体 1131 が吐出部 1126 を開放し、グリース補給用配管 1113 を通じてノズル 1114 からグリース Gr が吐出され、軸受装置 1135 の軸受空間内に所定量のグリース Gr が供給される。吐出が終わると、逆止弁 1125 の弁体 1131 が再び吐出部 1126 を閉塞する。エアバルブ 1122 は、バルブ開となった後に通電が遮断されて再びバルブ閉となる。

そして、エアバルブ 1122 がバルブ閉となり、脱圧することにより、定量グリース室 1121 内及び空気室 1128 内の圧力が下がり、定量吐出ピストン 1123 が前端位置 a2 から後端位置 a1 まで後退移動する。そのとき、圧力導入

管 1 1 1 7 から所定の圧力によって、グリースタンク 1 1 1 1 内のグリース  $G_r$  が、シリンダ 1 1 2 0 内の定量グリース室 1 1 2 1 に送給され、図 6 9 に示す状態に復帰して、以後上記動作を繰り返し行う。

上述したように、第 3 7 実施形態のグリース補給装置 1 1 1 0 では、エアバルブ 1 1 2 2 に対する通電時間とは無関係に、定量グリース室 1 1 2 1 に一旦貯留された所定量のグリース  $G_r$  のみが、グリース補給用配管 1 1 1 3 を通じてノズル 1 1 1 4 に送給され、エアバルブ 1 1 2 2 への通電の遮断し、空気室 1 1 2 8 及び空気送給管 1 1 3 0 内を脱圧バルブ 1 1 2 2 b で脱圧することにより、定量グリース室 1 1 2 1 内の圧力が一旦下げられてから、新たなグリース  $G_r$  を定量グリース室 1 1 2 1 へ送給する動作が繰り返し行われる。

これにより、グリース補給用配管 1 1 1 3 のグリース  $G_r$  が圧力を常に受けないので、離油の防止が図られるとともに、常に微量の定量のグリース  $G_r$  を軸受空間に供給することができる。

第 3 7 実施形態のグリース補給装置 1 1 1 0 によれば、シリンダ 1 1 2 0 の定量グリース室 1 1 2 1 にグリースタンク 1 1 1 1 から送給されたグリース  $G_r$  が予め定められた量だけ収容され、逆止弁 1 1 2 5 を介し、定量吐出ピストン 1 1 2 3 により、定量グリース室 1 1 2 1 に収容された定量のグリース  $G_r$  がグリース補給用配管 1 1 1 3 に吐出される。

したがって、グリース補給用配管 1 1 1 3 には、常に定量のグリース  $G_r$  が供給されるため、配管における内径や長さ、ノズルの形状及び温度等の条件によって、グリースの吐出量に変動がなくなり、安定したグリース  $G_r$  の吐出を行うことができる。

また、グリース  $G_r$  を加圧する部分から軸受装置 1 1 3 5 までの配管内にあるグリース  $G_r$  に長時間残圧が発生することを減少させるので、グリース  $G_r$  が離油を起こすことを低減させ、配管内にちょう度の異なるグリース  $G_r$  が存在することが少なく、グリース  $G_r$  の定量吐出を行うことができる。

これにより、配管の影響を受けることなく微量かつ定量のグリースを間欠的に吐出する定量補給を行うことにより、軸受内部へ微量かつ定量のグリースを定期

的に補給して、グリース潤滑の長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる。

また、第37実施形態のグリース補給装置1110によれば、グリース定量吐出機構1112の定量吐出ピストン1123がシリンダ1120内を往復移動可能に配されているので、定量吐出ピストン1123の往動を利用して、定量吐出ピストン1123が往動するときに定量グリース室1121内のグリースGrを吐出するようにできる。吐出が終わると逆止弁1125が閉じる。そして、定量吐出ピストン1123が復動したときに、新しいグリースGrがグリースタンク1111より補給されるので、配管内に残圧が発生するのを低減させることができる。

更に、第37実施形態のグリース補給装置1110によれば、エアバルブ1122を介してシリンダ1120内に供給された空気によって定量吐出ピストン1123を駆動するようにしているので、複雑な機構を用いることなく、グリース定量吐出機構1112を構成することができる。また、空気を用いているので、加圧する機構が簡素化され、漏れ等への対処も油脂等を採用した場合と比べて遥かに簡単に行うことができる。

また、第37実施形態のグリース補給装置1110によれば、定量吐出ピストン1123により、0.004～0.1ccの範囲内に設定されたグリースGrがグリース補給用配管1113に吐出されるので、吐出量の微量コントロールを行うことができる。

また、第37実施形態のグリース補給装置1110によれば、安定したグリース補給を行なうことにより、軸受装置に用いられた場合に、その軸受装置の長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる。

また、第37実施形態のグリース補給装置1110によれば、安定したグリース補給を行なうことにより、工作機械や高速モータ用の主軸装置に用いられた場合に、工作機械や高速モータ用の主軸装置の長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる。

#### (第38実施形態)

次に、図71を用いて本発明に係る第38実施形態を説明する。



図 7 1 に示すように、第 3 8 実施形態に係るグリース補給装置（グリース補給機構）1 1 4 0 は、図 6 7 に示したグリース補給装置 1 1 1 0 と同様の構成を有するが、グリース補給用配管 1 1 4 1 の先端部が、玉軸受や円筒ころ軸受等を備えた主軸装置を構成する軸受装置 1 1 4 2 において外輪 1 1 4 3 の径方向に形成されたグリース補給孔 1 1 4 4 に連通接続されている。グリース G r は、吐出口 1 1 1 8、グリース補給用配管 1 1 4 1、グリース補給孔 1 1 4 4 を通って送給され、グリース補給孔 1 1 4 4 を通って外輪外径部から軸受装置 1 1 4 2 の軸受空間内に吐出される。

（第 3 9 実施形態）

次に、図 7 2（a），（b）を用いて本発明に係る第 3 9 実施形態を説明する。

図 7 2（a）に示すように、第 3 9 実施形態に係るグリース補給装置（グリース補給機構）1 1 5 0 は、定量吐出ピストン 1 1 5 1 が、ロッド 1 1 5 2 を介して弁部材 1 1 5 3 に結合されており、シリンダ 1 1 5 4 内において定量吐出ピストン 1 1 5 1 と弁部材 1 1 5 3 との間に形成されたピストンストップ 1 1 5 5 と、弁部材 1 1 5 3 とに戻しばね 1 1 5 6 が組み付けられている。

このようなグリース補給装置 1 1 5 0 は、エアバルブ 1 1 2 2 のエア供給バルブ 1 1 2 2 a が開かつ脱圧バルブ 1 1 2 2 b が閉となり、空気室 1 1 2 8 内に圧縮空気が導入されると、戻しばね 1 1 5 6 に抗して、弁部材 1 1 5 3，ロッド 1 1 5 2，定量吐出ピストン 1 1 5 1 が、前端位置まで前進移動し、定量グリース室 1 1 2 1 内に貯留されている所定量のグリース G r が逆止弁 1 1 2 5 に送られ、逆止弁 1 1 2 5 の弁体 1 1 3 1 が吐出部 1 1 2 6 を開放し、グリース補給用配管 1 1 1 3 を通じてグリース G r が吐出される。ピストン 1 1 5 3 のストロークが終わると、逆止弁 1 1 2 5 の弁体 1 1 3 1 が再び吐出部 1 1 2 6 を閉塞し、グリースが吐出されなくなる。

そして、図 7 2（b）に示すように、エアバルブ 1 1 2 2 のエア供給バルブ 1 1 2 2 a が閉となると脱圧バルブ 1 1 2 2 b が開となり、空気室 1 1 2 8 及び空気送給管 1 1 3 0 内の加圧部が脱圧し、戻しばね 1 1 5 6 により、弁部材 1 1 5 3，ロッド 1 1 5 2，定量吐出ピストン 1 1 5 1 が、後端位置まで後進移動し、

定量グリース室 1 1 2 1 内及び空気室 1 1 2 8 内の圧力が下がる。このとき、グリースタンク内のグリース  $G_r$  は、圧力導入管から所定の圧力が与えられているため、シリンダ 1 1 5 4 内の定量グリース室 1 1 2 1 に送給されて一旦貯留される。

#### (第 4 0 実施形態)

次に、図 7 3 (a), (b) を用いて本発明に係る第 4 0 実施形態を説明する。

図 7 3 (a) に示すように、第 4 0 実施形態に係るグリース補給装置 (グリース補給機構) 1 1 6 0 は、容量の小さい定量グリース室 1 1 6 1 を有する場合に用いられ、弁部材 1 1 6 2 に定量吐出ピストンの機能をもつロッド 1 1 6 3 が結合されており、シリンダ 1 1 6 4 内に形成された隔板 1 1 6 5 と、弁部材 1 1 6 2 とに戻しばね 1 1 6 6 が組み付けられている。

このようなグリース補給装置 1 1 6 0 は、エアバルブ 1 1 2 2 のエア供給バルブ 1 1 2 2 a が開かつ脱圧バルブ 1 1 2 2 b が開となり、空気室 1 1 2 8 内に圧縮空気が導入されると、戻しばね 1 1 6 6 に抗して、弁部材 1 1 6 2, ロッド 1 1 6 3 が、前端位置まで前進移動し、定量グリース室 1 1 6 1 内に貯留されている所定量のグリース  $G_r$  が逆止弁 1 1 2 5 に送られ、逆止弁 1 1 2 5 の弁体 1 1 3 1 が吐出部 1 1 2 6 を開放し、グリース補給用配管 1 1 1 3 を通じてグリース  $G_r$  が吐出される。この場合、定量グリース室 1 1 6 1 内に貯留されているグリース  $G_r$  は増圧されて吐出し、吐出されなくなると、逆止弁 1 1 2 5 の弁体 1 1 3 1 が再び吐出部 1 1 2 6 を閉塞する。

そして、図 7 3 (b) に示すように、エアバルブ 1 1 2 2 のエア供給バルブ 1 1 2 2 a が閉となると、脱圧バルブ 1 1 2 2 b が開となり、空気室 1 1 2 8 及び空気送給管 1 1 3 0 内の加圧部を脱圧し、戻しばね 1 1 6 6 により、弁部材 1 1 6 2, ロッド 1 1 6 3 が、後端位置まで後進移動し、定量グリース室 1 1 6 1 内及び空気室 1 1 2 8 内の圧力が下がる。

#### (第 4 1 実施形態)

次に、図 7 4 を用いて本発明に係る第 4 1 実施形態を説明する。

図 7 4 に示すように、第 4 1 実施形態に係るグリース補給装置 (グリース補給

機構) 1170は、図73(a)に示したグリース定量吐出機構1112を用い、グリースタンク1111とシリンダ1164内の定量グリース室1161とを連通させる送給管1119内に逆流防止機構1171を配している。逆流防止機構1171は、定量吐出ピストンの機能をもつロッド1163が作動する際に、グリースが吐出部1126から吐出されずに、グリースタンク1111内に逆流するのを防止する機能をもつ。

#### (第42実施形態)

次に、図75を用いて本発明に係る第42実施形態を説明する。

図75に示すように、第42実施形態に係るグリース補給装置(グリース補給機構)1180は、図73(a)に示したグリース定量吐出機構1112を用い、グリースタンク1111の圧力導入管1117との接続部分に、チェック弁やスปีドコントローラ、スロットルバルブまたは焼結材・グラファイト等の抵抗体により成形された弁機構1181を配し、圧力導入管1117と空気供給管1130とを一括してエアバルブ1122に連通接続している。

第42実施形態のグリース補給装置1180では、エアバルブ1122のエア供給バルブ1122aが閉かつ脱圧バルブ1122bが開となり、グリースタンク1111内のピストン1116を押圧する力が、時間とともに減少し、数分から数十分後には、グリースGrを加圧しない状態とし、それによって、グリースGrの性状変化を低減することができる。

#### (第43実施形態)

次に、図76を用いて本発明に係る第43実施形態を説明する。

図76に示すように、第43実施形態に係るグリース補給装置(グリース補給機構)1190は、図73(a)に示したグリース定量吐出機構1112を用い、シリンダ1164内の空気室1128に連通接続された空気送給管1130に脱圧機能付きエアバルブ1191を設置し、グリースタンク1111に連通接続された圧力導入管1117にエアバルブ1192を設置している。

第43実施形態のグリース補給装置1190では、エアバルブ1191のエア供給バルブ1191aが開となることにより、空気室1128内に空気を導入し

て弁部材 1162 を介しグリース G<sub>r</sub> を吐出し、その後にエアバルブ 1192 を開成する。エアバルブ 1191 のエア供給バルブ 1191a が閉かつ脱圧バルブ 1191b が開となり、空気送給管 1130 内を脱圧することにより、弁部材 1162 とロッド 1163 が元に戻る。このとき、グリースタンク 1111 内のピストン 1116 が加圧され、定量グリース室 1161 内にグリース G<sub>r</sub> が補充される。そして、エアバルブ 1191 のエア供給バルブ 1191a が閉成されて空気送給管 1130 内を脱圧してから数秒から数分後にエアバルブ 1192 を閉成し、圧力導入管 1117 内を脱圧する。

(実施例 6)

以下、本発明に係るグリース補給装置の実施例について説明する。

本発明の効果を確認するために、グリースの吐出部から軸受装置までのグリース補給用配管の長さを変えた 3 種類のグリース補給装置を用いて、グリースの吐出量を観察した。3 種類のグリース補給装置とは、吐出装置 1 が図 116 に示した機械駆動ポンプ式であり、吐出装置 2 が図 114 に示した空気駆動ポンプ式であり、吐出装置 3 が本発明の各実施形態の定量吐出タイプである。

グリース補給用配管の仕様は表 4 に示す通りである。

表 4

グリース補給用配管	φ4.0×φ2.2
グリース補給用配管材料	テフロン
グリース補給用配管長さ	50mm、100mm、500mm、1000mm
ノズル径	φ1.2

3 種類のグリース補給装置の仕様は表 5 に示す通りである。ここで、各グリース補給装置の可動時間は一定とした。

表 5

吐出装置1.	吐出装置2.	吐出装置3.
機械駆動ポンプタイプ	空気駆動ポンプ(抵抗式) タイプ	定量吐出タイプ
ギヤ駆動時間: 10(S)	エア供給時間: 10(S)	エア供給時間: 10(S)

3種類のグリース補給装置の試験結果は表6に示す通りである。ここで、各グリース補給装置において、グリース補給用配管及びノズル内には、予めグリースを封入し、ノズルから吐出されるグリース量を測定した。

表 6

配管長さ (mm)	装置1.( $10^{-2}$ cc)			装置2.( $10^{-2}$ cc)			装置3.( $10^{-2}$ cc)		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
50	5	5	5	6	5	4	5	5	4.5
100	5	5	5	2.5	2	1	5	5	5.5
500	6	10	12	0.3	0.5	0.8	5	4.5	5
1000	10	20	30	0.05	0.1	0.05	5.5	5	5

表6より明らかなように、吐出装置1及び吐出装置2では、グリース補給用配管の長さが長くなるのに伴って、1回目、2回目、3回目のグリース吐出量に大きな変動が生じた。特に、吐出装置2において、回数の増加に反比例してグリース吐出量が減少する場合、焼付き等の軸受寿命の致命的な損傷の原因に成り得る。

これに対して、本発明の各実施形態に相当する吐出装置3では、グリース補給用配管の長さに無関係にして、1回目、2回目、3回目のグリース吐出量に著しい変動がなかった。

3種類のグリース補給装置におけるグリース吐出量の測定結果は表7に示す通りである。

表 7

装置 1	装置 2	装置 3
配管が長くなると配管内に残圧が発生する。 →基油が分離し吐出量が不安定	配管が長くなると配管の管路摩擦を大きく受けるため、配管長さによって吐出量が変化する。 吐出量を一定とするには加圧時間も制御しなければいけない。	定量吐出が可能であることを確認した。

上記試験の結果、本発明の各実施形態に相当する吐出装置 3 では、グリース補給用配管の長さの影響を受けることなく、常に一定量のグリースを吐出できることが確認された。

(実施例 7)

次に、グリースの吐出部から軸受装置までのグリース補給用配管の長さを変えた 3 種類のグリース補給装置を用いて、グリースの吐出量を観察した。3 種類のグリース補給装置とは、吐出装置 1 が図 6 7 に示したタイプであり、吐出装置 2 が図 7 2 (a) に示したタイプであり、吐出装置 3 が図 7 3 (a) に示したタイプである。

グリース補給用配管の仕様は表 8 に示す通りである。

表 8

グリース補給用配管	外径：φ 4.0、内径：φ 2.5 (テフロン)
グリース補給用配管長さ (m)	1、2.5、4
グリース補給用配管先端取付け ノズル径	φ 1.2

試験条件は表 9 に示す通りである。

表 9

エア供給圧 1	0.3 (MPa)
エア供給圧 2 (グリースタンク加圧力)	0.3 (MPa) (常時加圧)
バルブ開放時間	3 分間
定量吐出装置ストローク量	0.02cc/1 ストローク

3 種類のグリース補給装置の試験結果は表 10 に示す通りである。ここで、各グリース補給装置において、グリース補給用配管及びノズル内には、予めグリースを封入し、ノズルから吐出されるグリース量を測定した。

表 10

グリース 配管長さ (m)	装置 NO. 1 (cc)			装置 NO. 2 (cc)			装置 NO. 3 (cc)		
	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目
1	0.022	0.019	0.020	0.020	0.018	0.020	0.018	0.021	0.019
2.5	0.013	0.012	0.010	0.012	0.010	0.008	0.020	0.018	0.021
4	0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.005	0.020	0.020	0.019

表 10 より明らかなように、吐出装置 1 及び吐出装置 2 では、吐出量に大きな差は現れない。また、吐出装置 3 では、増圧吐出機構であるため、配管長さが 4 m と長くなっても吐出量の変動は少なく、安定して定量のグリースを吐出することができることが確認された。

(実施例 8)

続いて、グリースの吐出部から軸受装置までのグリース補給用配管の長さを変えた 6 種類のグリース補給装置を用いて、グリースの吐出量を観察した。

グリース補給用配管の仕様は表 8 と同一である。

試験条件は表 11 に示す通りである。

表 1 1

エア供給圧	0.3 (MPa)
バルブ開放時間	3 分間
機械式定量型ピストンポンプの ストローク量	0.02cc/1 ストローク

6 種類の吐出装置のうち、吐出装置 4 ～ 9 は表 1 2 ～ 1 3 に示す通りである。

表 1 2

グリース配管 長さ (m)	装置 NO. 4(cc)			装置 NO. 5(cc)			装置 NO. 6(cc)			装置 NO. 7(cc)		
	A 部：焼結材			A 部：グラファイト			A 部：チェック弁			A 部：スปีト*コントローラ		
	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目
1	0.022	0.019	0.020	0.018	0.021	0.019	0.020	0.018	0.020	0.018	0.021	0.019
2.5	0.020	0.018	0.022	0.020	0.018	0.021	0.021	0.019	0.020	0.020	0.018	0.021
4	0.022	0.021	0.019	0.018	0.020	0.019	0.018	0.022	0.020	0.018	0.021	0.019

表 1 3

グリース 配管長さ (m)	装置 NO. 8(cc)			装置 NO. 9(cc)		
	バルブ T 動作：バルブ S 閉前 10 秒より 2 分間開					
	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目
1	0.022	0.022	0.019	0.015	0.012	0.002
2.5	0.018	0.018	0.018	0.013	0.011	0.001
4	0.021	0.021	0.021	0.012	0.010	0.004

すなわち、吐出装置 4 が図 7 5 に示したタイプに焼結材の抵抗体により成形した弁機構 1 1 8 1 を用いたものであり、吐出装置 5 が図 7 5 に示したタイプにグラファイトの抵抗体により成形した弁機構 1 1 8 1 を用いたものであり、吐出装置 6 が図 7 5 に示したタイプにチェック弁機構 1 1 8 1 を用いたものであり、吐



出装置 7 が図 7 5 に示したタイプにスピードコントローラの弁機構 1 1 8 1 を用いたものであり、吐出装置 8 が図 7 6 に示したタイプであり、吐出装置 9 が図 7 5 に示したタイプに弁機構 1 1 8 1 を設置していないものである。吐出装置 8 では、空気弁 1 1 9 1 をバルブ S と称し、圧力弁 1 1 9 2 をバルブ T と称する。

6 種類のグリース補給装置の試験結果は表 1 2, 表 1 3 に示す通りである。ここで、各グリース補給装置において、グリース補給用配管及びノズル内には、予めグリースを封入し、ノズルから吐出されるグリース量を測定した。

表 1 2 及び表 1 3 より明らかなように、吐出装置 4 ～ 7 では、弁が閉成された後も、グリースタンク内のグリースに圧力が発生しているため、新しいグリースがグリースタンクからグリース定量吐出機構にグリースが補充される。そして、定量のグリースがノズルから吐出される。しかし、吐出装置 9 では、弁が閉成したと同時にグリースタンク内の圧力が抜けてしまうため、グリースタンク内のピストンがグリースを加圧しなくなり、グリース定量吐出機構へグリースを補充しなくなる。それにより、吐出回数を重ねるにつれ、グリースが吐出されなくなる。これに反し、吐出装置 8 では、グリース定量吐出機構の定量吐出ピストンが戻った後も、グリースタンク内に圧力がかかっているため、定量のグリースを吐出することができる。

#### (実施例 9)

吐出装置 4 を使用して、グリース補給用配管 1 1 1 3 をテフロンチューブとポリウレタンチューブを使用して比較試験を行った。試験条件は表 1 4 に示す通りである。

表 1 4

エア供給圧	0.3(MPa)
バルブ開放時間	3分間
機械式定量型ピストンポンプの ストローク量	0.02cc/1ストローク
グリース補給用配管材質	・テフロン ・ポリウレタン
グリース補給用配管長さ(m)	・1, 2, 4
測定時間	バルブ解放10分後に測定

試験結果は表 1 5 に示す通りである。なお、グリース補給用配管及びノズル内には、予めグリースを封入し、ノズルから吐出されるグリース量を測定した。

表 1 5

グリース 配管長さ (m)	グリース補給用配管材質： テフロン			グリース補給用配管材質： ポリウレタン		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
1	0.022	0.019	0.020	0.012	0.012	0.010
2.5	0.020	0.018	0.022	0.005	0.006	0.005
4	0.022	0.021	0.019	0.001	0.002	0.001

表 1 5 より明らかなように、ポリウレタンチューブのグリース補給用配管に対して、テフロンチューブのグリース補給用配管は、管路の膨張が少なく、配管が長くなっても安定して定量のグリースを吐出することができる。

なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、適宜な変形、改良等が可能である。

例えば、ノズルを軸受装置の側部に設けずに、軸受の外輪側やスピンドルのハウジング側から軸受空間に連通させて配しても良い。

また、エアバルブ 1 1 2 2, 1 1 9 1 に送給する媒体として、空気に限らず、

水や環境に優しい無害ガスなどを用いても良く、エアバルブ 1 1 2 2, 1 1 9 1 の駆動に当っては、電気によりバルブを開閉しても良いし、機械式によってバルブを開閉しても良い。或いは、媒体を用いずに、モータ等の原動機にコンロッド及びクランクシャフト等の回転力変換機構を結合させることにより、外力を用いて定量吐出ピストンを往復駆動するようにしても良い。

以上説明したように、第 3 7 ~ 4 3 実施形態のグリース補給装置によれば、シリンダにグリースタンクから送給されたグリースが予め定められた量だけ收容され、逆止弁を介し、定量吐出ピストンによりシリンダ内に收容された定量のグリースがグリース補給用配管に吐出される。

したがって、グリース補給用配管には、常に定量のグリースが供給されるため、配管における内径や長さ、ノズルの形状及び温度等の条件によってグリースの吐出量に変動が減少し、安定したグリースの吐出を行うことができる。

また、グリースを加圧する部分から軸受までの配管内にあるグリースに残圧が長時間発生することがないので、グリースが離油を起こすことが少なく、配管内にちょう度の異なるグリースが存在することが減少し、グリースの定量吐出を行うことができる。よって、配管の影響を小さくでき、微量かつ定量のグリースを間欠的に吐出する定量補給を行うことにより、軸受内部へ微量かつ定量のグリースを定期的に補給して、グリース潤滑の長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる。

また、上記実施形態のグリース補給装置によれば、機械式定量型ピストンポンプの定量吐出ピストンがシリンダ内を往復移動可能に配されるので、定量吐出ピストンの往復動を利用して、定量吐出ピストンが往動するときにシリンダ内の定量のグリースを吐出するようにできる。定量のグリースが吐出されると、逆止弁が閉じる。そして、定量吐出ピストンが復動したときに、新しいグリースがグリースタンクより補給されるので、配管内に残圧が発生するのを低減させることができる。

また、上記実施形態のグリース補給装置によれば、バルブを介してシリンダ内に供給された媒体によって定量吐出ピストンを駆動するようにすれば、複雑な機

構を用いることなく、機械式定量型ピストンポンプを構成することができる。媒体として空気を用いれば、加圧する機構が簡素化され、漏れ等への対処も油脂等を採用した場合と比べて遥かに簡単に行うことができる。

また、上記実施形態のグリース補給装置によれば、前記定量吐出ピストンが復動する時にグリースタンク内のグリースがシリンダに向けて加圧されていると、シリンダ内で発生する負圧を低減することができ、グリース内に気泡が発生することを防止することができる。

また、上記実施形態のグリース補給装置によれば、定量吐出ピストンにより、0.004～0.1ccの範囲内に設定されたグリースがグリース補給用配管に吐出されるので、吐出量の微量コントロールを行うことができる。

また、上記実施形態のグリース補給装置によれば、テフロンチューブを使用することで、管路の膨張による損失が少なく、グリースの吐出量を良好に維持することができる。

また、上記実施形態のグリース補給装置によれば、安定したグリース補給を行なうことにより、軸受装置や工作機械や高速モータ用主軸装置の長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる。

#### (第44実施形態)

図77は、本発明の第44実施形態の主軸装置1201を示す図である。この主軸装置1201は、スピンドル1210と、グリース供給装置1217と、冷却液供給源1218と、清浄空気供給源1245とを備えている。

スピンドル1210は、図78に示すように、複数の転がり軸受1211～1214を外嵌するハウジング1215と、上記の転がり軸受1211～1214に軸通される主軸1216とを備えている。

また、スピンドル1210は、上記主軸1216に設けられたロータ1220およびこのロータ1220に対向するように、ハウジング1215aの内周面に設けられたステータ1221を備えている。

上記のハウジング1215aには、ステータ1221と対向するステータ冷却用溝1222と、ハウジング1215cには転がり軸受1211～1214と対

向する軸受冷却用溝 1 2 2 3 が形成されている。

また、ハウジング 1 2 1 5 c には、軸心冷却液回収穴 1 2 2 6、清浄空気供給穴 1 2 2 7、グリース排出用穴 1 2 2 8 が形成されている。主軸 1 2 1 6 には、その中心軸線方向に伸びる冷却通路 1 2 2 9、1 2 3 0 が設けられている。なお、図 7 8 中の符号 1 2 3 1 は外輪押し蓋である。

上記のグリース供給装置 1 2 1 7 から送出されたグリースは、ハウジング 1 2 1 5 a、1 2 1 5 c に設けられたグリース通路 1 2 4 1、1 2 2 4 を経て各転がり軸受 1 2 1 1 ~ 1 2 1 4 に供給される。

また、冷却液供給源 1 2 1 8 から送出された冷却液は、ロータリージョイント 1 2 3 2 を介して主軸 1 2 1 6 の冷却通路 1 2 3 0 に供給される。この冷却液供給源 1 2 1 8 から送出された冷却液は、ハウジング 1 2 1 5 に設けられたステータ冷却用溝 1 2 2 2 にも供給される。

図 7 7 に示すように、冷却液供給源 1 2 1 8 からハウジング 1 2 1 5 および主軸 1 2 1 6 に供給された冷却液は、冷却液供給源 1 2 1 8 に回収される。

また、清浄空気供給源 1 2 4 5 から送出された清浄空気は、スピンドル 1 2 1 0 のハウジング 1 2 1 5 c (図 7 8 参照) とグリース供給装置 1 2 1 7 に供給される。

この主軸装置 1 2 0 1 は、冷却液供給源 1 2 1 8 から送出された冷却液によって、スピンドル 1 2 1 0 のステータ 1 2 2 1 が冷却される。また、この冷却液によって、転がり軸受 1 2 1 1 ~ 1 2 1 4 が冷却される。

更に、この主軸装置 1 2 0 1 は、冷却液が主軸 1 2 1 6 内部の冷却通路 1 2 3 0 に供給され、かつ、冷却液が主軸 1 2 1 6 の長手方向に沿って流通され、冷却通路 1 2 2 9 にも供給されるので、主軸 1 2 1 6 も冷却される。

この主軸装置 1 2 0 1 によれば、dmn 1 2 0 0 0 0 0 をこえるような領域では、ステータ 1 2 2 1 の冷却のみでなく、転がり軸受 1 2 1 1 ~ 1 2 1 4 の冷却も同時に行なわれるので、転がり軸受 1 2 1 1 ~ 1 2 1 4 の発熱が大きくても、転がり軸受 1 2 1 1 ~ 1 2 1 4 が冷却され、グリースの寿命を延長することができ、さらに油膜も確実に形成することが可能となる。

また、外部からグリースを供給するため常に新しいグリースで運転が継続できるため、オイルエア潤滑やオイルミスト潤滑と同様に長寿命化が可能である。更に、グリース潤滑であるため環境面でも効果があり潤滑油の噴霧状態化を抑制でき、作業環境が改善される。

また、オイルエア潤滑やオイルミスト潤滑での風切り音が抑制されるため、騒音レベルを押えることもできる。

更に、温度のみでなく運転時の予圧荷重が大きすぎると、油膜形成不足によりグリース寿命の前に焼付きに至ることがあるが、本発明の主軸装置 1201 は、主軸 1216 の冷却を同時に行うので、転がり軸受 1211～1214 の内・外輪の温度差を抑制することができる。従って、転がり軸受 1211～1214 として、アンギュラ玉軸受を使用した場合(定位置予圧)、予圧荷重増加を抑制できるので、さらに効果があがる。

転がり軸受 1211～1214 として、円筒ころ軸受を使用した場合には、ラジアル予圧(負のすきま)を抑制でき、グリース潤滑での早期焼付きを防ぐ事ができる。更に、グリース潤滑での長寿命化で絶大な効果が得られる。

#### (第 45 実施形態)

図 79 は、本発明に係る第 45 実施形態の主軸装置 1202 を示す。なお、以下の説明では、上記の主軸装置 1201 (図 77, 78 参照) と同一の部分には、同一の符号をつけて詳細な説明を省略した。

この主軸装置 1202 は、ロータリージョイント 1232 を介して主軸 1216 の冷却通路 1230 に冷却液を供給する第 1 の冷却液供給源 1218a と、ハウジング 1215 のステータ冷却用溝 1222、軸受冷却用溝 1223 に冷却液を供給する第 2 の冷却液供給源 1218b とを備えている。

冷却通路 1230 から排出された冷却液は、第 1 の冷却液供給源 1218a に回収され、ステータ冷却用溝 1222、軸受冷却用溝 1223 から排出された冷却液は、第 2 の冷却液供給源 1218b に回収される。

この主軸装置 1202 は、主軸 1216 とステータ 1221 の冷却液温度管理を別々に行うことができ、軸受の内軸と外軸の温度差をさらに抑制することが可

能となる。すなわち、冷却液供給源 1 2 1 8 a の冷却液温度を冷却液源 1 2 1 8 b の冷却液温度よりも低く設定することにより、主軸 1 2 1 6 の温度を低くすることができ、軸受の予圧荷重増加を抑制できるので、さらに効果があがる。

#### (第 4 6 実施形態)

図 8 0 は、本発明に係る第 4 6 実施形態の主軸装置 1 2 0 3 を示す。この主軸装置 1 2 0 3 は、冷却液供給源 1 2 1 8 から供給された冷却液が、ロータリージョイント 1 2 3 2 を介して主軸 1 2 1 6 の冷却通路 1 2 3 0、1 2 2 9 を通過した後、軸受冷却用溝 1 2 2 3、ステータ冷却用溝 1 2 2 2 に供給される。

ステータ冷却用溝 1 2 2 2 から排出された冷却液は、冷却液供給源 1 2 1 8 に回収される。

なお、上記主軸装置 1 2 0 1、1 2 0 2、1 2 0 3 は、工作機械主軸用スピンドル、高速モータ用スピンドルに好適である。

#### (第 4 7 実施形態)

図 8 1 は、本発明に係る第 4 7 実施形態の主軸装置 1 2 0 4 を示す。この主軸装置 1 2 0 4 は、冷却液供給源 1 2 1 8 から供給された冷却液が、軸側およびハウジング側に供給される。

また、軸側に供給された冷却液は軸から回収され、ハウジング側に供給された冷却液はハウジングから回収される。また、グリース補給装置もエア駆動でなく機械式なものでも良く、清浄な空気供給源が無くて良い。

#### (第 4 8 実施形態)

図 8 2 は、本発明に係る第 5 実施形態の主軸装置 1 2 0 5 を示す。この主軸装置 1 2 0 5 は、2 個の冷却液供給源 1 2 1 8 a、1 2 1 8 b が設けられている。そして、これらの冷却液供給源 1 2 1 8 a、1 2 1 8 b の温度管理が別々に行われる。これ以外は、図 8 1 の主軸装置 1 2 0 4 と同一である。

#### (第 4 9 実施形態)

図 8 3 は、本発明に係る工作機械用主軸装置としての主軸装置 1 3 6 0 を示す図である。この主軸装置 1 3 6 0 は、主軸ハウジング 1 3 6 1 内に外輪溝付きタイプのアンギュラ玉軸受 1 3 0 0 及び補給孔片側 1 本の円筒ころ軸受 1 3 1 0 を

用いて主軸 1 3 7 1 を支持している。なお、図 8 3 の主軸装置は、例示のために異種の軸受を用いているが、同種の軸受のみから構成するようにしてもよい。

主軸ハウジング 1 3 6 1 は、ハウジング本体 1 3 6 2 と、ハウジング本体 1 3 6 2 の前端（図中左側）に内嵌固定された前側軸受ハウジング 1 3 6 3 と、ハウジング本体 1 3 6 2 の後側（図中右側）に内嵌固定された後側ハウジング 1 3 6 4 とを備えている。前側軸受ハウジング 1 3 6 3 の端部には、外輪押さえ部材 1 3 6 5 及び内輪押さえ部材 1 3 6 6 が設けられており、外輪押さえ部材 1 3 6 5 と内輪押さえ部材 1 3 6 6 との間には、ラビリンスが形成されている。主軸ハウジング 1 3 6 1 の後端面は、カバー 1 3 7 0 によって覆われている。

主軸 1 3 7 1 は、前側軸受ハウジング 1 3 6 3 に外嵌する 2 つの転がり軸受 1 3 0 0, 1 3 0 0 と、後側軸受ハウジング 1 3 6 4 に外嵌する 1 つの円筒ころ軸受 1 3 1 0 に内嵌することにより、主軸ハウジング 1 3 6 1 によって回転自在に支承されている。2 つの転がり軸受 1 3 0 0, 1 3 0 0 の外輪間には、外輪間座 1 3 8 0 が配置されており、また内輪間には、内輪間座 1 3 7 6 が配置されている。

主軸 1 3 7 1 の軸方向の略中央部には、ロータ 1 3 8 6 が外嵌固定されている。ロータ 1 3 8 6 の外周面側には、ステータ 1 3 8 7 が所定距離離れて同軸配置されている。ステータ 1 3 8 7 は、ステータ 1 3 8 7 の外周面側に配置されたステータ固定部材 1 3 8 8 を介してハウジング本体 1 3 6 2 に固定されている。ハウジング本体 1 3 6 2 とステータ固定部材 1 3 8 8 との間には、主軸 1 3 7 1 の周方向に沿う方向に複数の溝 1 3 7 8 が形成されている。この複数の溝 1 3 7 8 内には、ステータ 1 3 8 7 の冷却用の冷媒が流される。

同様に、ハウジング本体 1 3 6 2 と前側軸受ハウジング 1 3 6 3 との間であって、アンギュラ玉軸受 1 3 0 0 の外周側にあたる部位には、ハウジングおよび軸受冷却用の冷媒が流される複数の溝 1 3 7 7 が形成されている。

この主軸ハウジング 1 3 6 1 の後端面には、軸受 1 3 0 0, 1 3 0 0, 1 3 1 0 のそれぞれにグリース供給を行うためのグリースが供給される 3 個のグリース供給口 1 3 9 2 が周方向に沿って開口している（図 8 3 には一つのみ図示）。これ



らの3つのグリース供給口1392は、ハウジング本体1362、前側軸受ハウジング1363及び後側軸受ハウジング1364内に形成されたグリース供給路1393a, 1393b, 1393cにそれぞれ連通している(図83では、便宜上、各グリース供給路1393a, 1393b, 1393cを同一断面に図示している)。これにより、本実施形態の主軸装置1360は、外部に設けられたグリース供給装置1390からグリース供給管1391を介して主軸ハウジング1361内にグリース供給可能に構成されている。

グリース供給路1393aは、単列円筒ころ軸受1310の外輪側に対応して形成された開口1396に連通しており、グリース供給路1393bは、前側(図左側)に配置されたアンギュラ玉軸受1300の外輪側に対応して形成された開口1394に連通しており、またグリース供給路1393cは、後側(図中央)に配置されたアンギュラ玉軸受1300の外輪側に対応して形成された開口1395に連通している。これにより、グリース供給装置1390から供給されたグリースは、各軸受1300, 1300, 1310の外輪側まで独立に供給される。開口1394, 1395, 1396は、補給孔に連通しており、グリースは補給孔を介して軸受空間内部に独立に供給される。

グリース補給装置1390は、各軸受1300, 1300, 1310に対して独立にグリース供給可能に構成されている。すなわち、グリース補給器1390は、適宜なタイミングで(間欠的または定期的に)、一回の補給量が0.004cc~0.1ccとなるように各軸受1300, 1300, 1310毎にグリースショットする。補給されたグリースは、軸受1300内部の玉及び軸受1310内部のころの転動に伴い、軸受1300及び1310内部全体に馴染み、不足したグリースを補う。ここで、アンギュラ玉軸受の場合には、一回のグリース補給量が0.01cc~0.03ccであることが好ましく、また円筒ころ軸受の場合には、一回のグリース補給量が0.005cc~0.02ccであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、各軸受1300, 1300, 1310が

取り付けられる主軸装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。

(実施例 10)

グリース供給スピンドルにおける最適な仕様を確立すべく、以下の検証を行うための要素試験を実施した。

- (1) グリースの量による耐久寿命を検証
- (2) 運転時軸受温度による耐久寿命を検証
- (3) 運転時予圧荷重と耐久寿命を検証
- (4) 一回の補給量を検証

上記要素試験 (1)、(2)、(3) で、焼き付きまでの経過時間を測定することにより、供給量、温度、予圧荷重を検証する。

試験条件は以下の通りである。

試験軸受：NSK製軸受65BNR10HTDB P4相当 (7013相当の高速タイプ軸受)

回転速度：22000min<sup>-1</sup>

潤滑：MTEグリース (NSK製)

予圧形式：定圧予圧

駆動方式：ベルト駆動

試験構造：図 8 4 に示す試験機 1 2 4 0 を使用した。

(1) グリースの量による耐久寿命

試験条件および試験結果を図 8 5, 図 8 6 に示す。

試験条件における定圧予圧荷重は、定位置予圧組込時KA (アキシアルばね定数) = 125N /  $\mu$ m 相当における 22000min<sup>-1</sup>での運転時予圧荷重とほぼ等しい。

また、冷却条件は実機における設定温度とほぼ等しい。

試験の結果から、そのばらつきを見越した安全も考慮し、グリース封入量から推定される耐久時間を以下のように定義する。

初期グリース封入量 1 % . . . 20hr 以下

初期グリース封入量 5 % . . . 100hr 以下

初期グリース封入量 15 % . . . 250hr 以下

また、5 % 以下の封入量においては、封入量－耐久時間において、一次の比例

関係が制すると仮定する。

## (2) 運転時軸受温度による耐久寿命

試験条件および試験結果を図 8 7, 図 8 8 に示す。

試験条件における定圧予圧荷重は、それぞれ、定位置予圧組込時  $K_A = 125 \text{ N} / \mu\text{m}$  相当における  $22000 \text{ min}^{-1}$  での運転時予圧荷重とほぼ等しい。

グリース封入量 1 % として試験時間を短縮した。

試験の結果から、そのばらつきを見越した安全も考慮し、グリース封入量 1 %、運転時予圧荷重  $1870 \text{ N}$  における冷却条件と、 $22000 \text{ min}^{-1}$  での耐久時間を以下の様に定義する。

軸受温度  $60^\circ\text{C}$  以上 . . . 10hr 以下

軸受温度  $40 \sim 60^\circ\text{C}$  . . . 20hr 以下

軸受温度  $30 \sim 40^\circ\text{C}$  . . . 50hr 以下

## (3) 運転時予圧荷重と耐久寿命

試験条件および試験結果を図 8 9, 9 0 に示す。回転数  $22000 \text{ min}^{-1}$ 、グリース封入量 5%、冷却条件は実機における設定温度とほぼ等しい。試験の結果から、そのばらつきを見越した安全も考慮し、

運転時予圧荷重  $1870 \text{ N}$  . . . 100hr 以下

$2200 \text{ N}$  . . . 50hr 以下

$2600 \text{ N}$  . . . 40hr 以下

$3000 \text{ N}$  . . . 20hr 以下

要素試験の結果よりグリースの量、温度、予圧荷重が耐久寿命に大きく影響することがわかる。高速回転で安定した性能を保つためには軸受温度を低く保ち、運転時の予圧荷重を抑えることが重要である。本発明が有効であることが確認できる。

## (4) 一回の補給量を検証

次にグリースの一回当たりの最適供給量を求めるため、図 9 1 に示した形態の円筒ころ軸受 1 2 8 0 を用いて、次の実験を行った。この円筒ころ軸受 1 2 8 0 は、内輪 1 2 8 1、外輪 1 2 8 2、内輪 1 2 8 1 の内輪軌道 1 2 8 1 a と外輪 1

282の外輪軌道1282aとの間に複数配置された円筒ころ1283及び外輪案内の保持器1284を備えている。また、保持器1284は、外輪1282の外輪軌道1282aが案内しており、外輪案内形式となっている。

そして、この円筒ころ軸受1280は、内径95mm、外径145mm、ころ径11mm、ころ長さ11mm、ころ数27個、軸受空間容積31cm<sup>3</sup>で、外輪軌道に浸炭窒化処理を施した円筒ころ軸受を用い、グリース（イソフレックスNBU15：NOKクリューバー（株）製）を初期封入量として軸受空間容積の10%充填し、慣らし運転を行った。慣らし運転後の9000min<sup>-1</sup>での外輪温度は35℃であった。その後、イソフレックスNBU15を供給量を変えて供給した後、0から9000min<sup>-1</sup>に2秒で立ち上げて、外輪温度を測定する実験を5回（n1～n5）行った。尚、供給孔は、図92（a）に示すように1箇所にした。実験結果を表16に示す。

表16

補給量	n-1	n-2	n-3	n-4	n-5
2%	◎	◎	◎	◎	◎
4%	◎	△	◎	○	○
6%	○	△	×	○	○
10%	×	×	×	×	△

表16中、◎は外輪温度が40℃以下であったことを示し、○は外輪温度が40℃を超え50℃以下であったことを示し、△は外輪温度が50℃を超え60℃以下であったことを示し、×は外輪温度が60℃を越えたことを示す。

#### 【7052】

また、図92（b）に示すように、対向する2箇所（180°離れた位置）に供給孔からグリースGrを供給して同様の実験を行った。実験結果を表17に示す。

表 1 7

補給量	n-1	n-2	n-3	n-4	n-5
2%	◎	◎	◎	◎	◎
4%	◎	◎	◎	◎	◎
6%	△	◎	○	○	○
10%	△	×	×	○	△

更に、図 9 2 (c) に示すように、ころところの間全てに設けられた供給孔からグリース G<sub>r</sub> を供給して同様の実験を行った。実験結果を表 1 8 に示す。

表 1 8

補給量	n-1	n-2	n-3	n-4	n-5
2%	◎	◎	◎	◎	◎
4%	◎	◎	◎	◎	◎
6%	○	◎	△	◎	◎
10%	○	△	△	×	△

表 1 6 ～表 1 8 からわかるように、2%以下では、供給後の回転で異常昇温は見られなかった。また、4%では、供給箇所を増やすことにより異常昇温を顕著に抑えることができた。即ち、同じ量を供給するにしても、外輪の円周方向に間隔をあけた複数箇所に設けた供給孔からグリースをショットする方が、異常昇温を抑制できることがわかった。一方、4%を越えると、グリースの供給箇所を増やしても、温度にバラツキが出て、安定しない状態であった。

上記の実験から、グリースの一回当たりの供給量は、軸受空間容積の 4%以下が好ましいといえる。但し、グリースの供給に同期して一時的に軸受温度が上昇（脈動）する傾向にあり、円筒ころ軸受は他の軸受、例えばアンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすい。この温度の脈動は、精度を要求されない通常の使用時には問題とはならないが、金型用途向けの工作機械等、精度が厳しく要求される装置の主軸に用いられる転がり軸受においては、この温度の脈動により軸の長さが変化してしまい、加工精度に影響を及ぼしてしまうおそれがある。そこで、グリースの供給量を減じて、この温度の脈動を抑えることが好ましい。

具体的には、一回当たりの供給量を $0.004\text{cc} \sim 0.1\text{cc}$ 、好ましくは円筒ころ軸受の場合は $0.005\text{cc} \sim 0.02\text{cc}$ 、アンギュラ玉軸受の場合は $0.01\text{cc} \sim 0.03\text{cc}$ とすることで、温度の脈動も抑制することができ、転がり軸受が適用される工作機械主軸装置の加工精度を高いレベルに保つことが可能となる。軸受は、他の玉軸受、ころ軸受であっても良い。

以上、 $dmn1200000$ をこえるような領域では、ステータの冷却のみでなく軸受部の冷却も同時に行なわないと、軸受部の発熱が大きく温度が高くなりグリースが早期に劣化するが、第44～第49実施形態の構成によれば、冷却を施すことによりグリースの寿命を延長することができ、さらに油膜も確実に形成することが可能となる。

また、外部からグリースを供給するため常に新しいグリースで運転が継続できるため、オイルエア潤滑やオイルミスト潤滑と同様に長寿命化が可能である。更に、グリース潤滑であるため環境面でも効果があり潤滑油の噴霧状態化を抑制でき、作業環境が改善される。また、オイルエア潤滑やオイルミスト潤滑での風切り音が抑制されるため、騒音レベルを押えることもできる。

温度のみでなく運転時の予圧荷重が大きすぎると、油膜形成不足によりグリース寿命の前に焼付きに至ることがあるため、上記実施形態の構成では、主軸内冷却を同時に行い、転がり軸受の内・外輪の温度差を抑制し予圧増大を防ぐので、さらに効果があがる。

また、主軸内部も冷却することにより、軸受の内・外輪温度差を抑制することができ、アンギュラ玉軸受の場合(定位置予圧)予圧荷重増加を抑制できる。また、円筒ころ軸受の場合、ラジアル予圧(負のすきま)を抑制できグリース潤滑での早期焼付きを防ぐ事ができる。更に、スピンドル全体の温度を下げる事ができ、グリース潤滑での長寿命化で絶大な効果が得られる。なお、本実施形態では、冷却手段は、冷却液供給源、主軸に設けられた冷却通路、ハウジングに設けられたステータ冷却用溝及び軸受冷却用溝を含むが、少なくとも冷却液供給源と軸受冷却用溝を含んで構成される。

(第50実施形態)

以下に、本発明の第 50～第 55 実施形態を図 93～101 に基づいて説明する。図 93 は本発明に係る主軸装置の第 50 実施形態の要部を示した断面図、図 94 は第 50 の実施形態で採用した切削液検出センサを示した概念図である。

図示した第 50～第 55 実施形態の主軸装置は、軸受 1401 の外輪 1401a がハウジング主体 1402 の先端に取付けられた前蓋 1403 によって外輪間座 1404 を介して内方に押圧され、軸受 1401 の内輪 1401b が主軸 1405 に螺合させたナット 1406 によって内輪間座 1407 を介して内方に押圧されている。さらに、前蓋 1403 の前面には、該前蓋の前面およびナット 1406 の前部を覆うように、カバー 1408 が取付けられている。そして、外輪間座 1404 と前蓋 1403 とナット 1406 と内輪間座 1407 の間には、環状空間 1409 が画成されている。

前蓋 1403 の前面内周縁には、前端方向に開口する環状溝 1410 が形成され、一方、ナット 1406 の後端面外周縁には、後方へ向けて環状突起 1411 が形成されている。そして、前蓋 1403 の環状溝 1410 にナット 1406 の環状突起 1411 が挿嵌され、それらの間にラビリンスシール 1412 が構成されている。

また、カバー 1408 の内周面には、ラビリンス 1413 が配設され、該ラビリンスによってカバー 1408 の内周面と主軸 1405 の外周面との間がシールされている。

図 93 に示した実施形態では、外輪間座 1404 における環状空間 1409 側の面に切削液検出センサ 1414 が取付けられている。

この切削液検出センサ 1414 は、図 94 に示したように、環状の基板 1414a に櫛歯状の接触子（電極）1414b, 1414c が相対向して配置され、それらの接触子が配線 1414d によって検出部 1414e に接続されている。この実施形態では、接触子 1414a, 1414b が 0.05～1mm 程度間隔をもって配置されている。

また、外輪間座 1404 とハウジング主体 1402 とに、それぞれ孔 1404a, 1402a が形成され、それらの孔に配線 1414d が收容されている。そ

して、検出部 1 4 1 4 e は、ハウジング主体 1 4 0 2 の外部に設置されている。

この第 5 0 実施形態の主軸装置では、ラビリンス 1 4 1 3 およびラビリンスシール 1 4 1 2 を経て内部に浸入した切削液は、切削液検出センサ 1 4 1 4 の接触子 1 4 1 4 b, 1 4 1 4 c 間に接触して接触子間を短絡し、それによる電圧の変化で、切削液の浸入が検出部 1 4 1 4 e で検知される。

(第 5 1 実施形態)

図 9 5 に示した第 5 1 実施形態は、垂直設置型の主軸装置であって、切削液検出センサを 3 つ備えている。

この主軸装置では、前蓋 1 4 0 3 およびカバー 1 4 0 8 にドレン孔 1 4 1 5 が連通形成されている。このドレン孔 1 4 1 5 は、一端が前記環状空間 1 4 0 9 の底部に開口している。このドレン孔 1 4 1 5 の他端部は、上方ドレン孔 1 4 1 5 a と下方ドレン孔 1 4 1 5 b とカバー 1 4 0 8 の内側へ開口するドレン孔 1 4 1 5 c とに分岐されている。

そして、外輪間座 1 4 0 4 における環状空間 1 4 0 9 側の面には、第 5 0 の実施形態に示したものと同様な第 1 の切削液検出センサ 1 4 1 6 が取付けられている。また、上方ドレン孔 1 4 1 5 a における上記ラビリンスシール 1 4 1 2 に対応する高さには、第 2 の切削液検出センサ 1 4 1 7 が設置され、下方ドレン孔 1 4 1 5 b における上記オイルシール 1 4 1 3 に対応する高さには、第 3 の切削液検出センサ 1 4 1 8 が設置されている。

なお、第 2 および第 3 の切削液検出センサ 1 4 1 7, 1 4 1 8 は、2 本の電極 1 4 1 7 a, 1 4 1 7 b, 1 4 1 8 a, 1 4 1 8 b をそれぞれ有し、それらの電極が切削液によって導通されることによる検出部 1 4 1 7 c, 1 4 1 8 c での電圧変化で、液の検出が行なわれる。

この第 5 1 実施形態の主軸装置では、ラビリンス 1 4 1 3 を経てカバー 1 4 0 8 の内側に浸入した切削液が、ドレン孔 1 4 1 5 c を経て切削液検出センサ 1 4 1 8 に流れ込むと、該センサによって切削液の浸入が検知される。

さらに、その切削液の量がラビリンス 1 4 1 2 の高さまで達すると、切削液がドレン孔 1 4 1 5 に流れ込んで、切削液検出センサ 1 4 1 7 によって検知される。



さらに、切削液の量が環状空間 1 4 0 9 まで達すると、切削液検出センサ 1 4 1 6 によって検知される。

したがって、この第 5 1 実施形態によれば、切削液の浸入度合いを検知することができ、それによって主軸装置を適宜に制御することが可能になる。

例えば、センサ 1 4 1 8 が切削液を検知した場合には、切削液使用条件や切削液噴射ノズルの調整といった措置を警告によってオペレータに促して、それ以上の浸入を防止し、センサ 1 4 1 7 が切削液を感知した場合には、軸受 1 に新しい潤滑剤を供給することによって、潤滑性能の劣化を防ぐ。また、センサ 1 4 1 6 が切削液を検知した場合には、主軸装置の運転条件を制限するか、または強制的に停止させるなどして、焼き付きを未然に防ぐことができる。

#### (第 5 2 実施形態)

図 9 6 に示した第 5 2 実施形態では、上記第 5 1 実施形態と同様に、前蓋 1 4 0 3 およびカバー 1 4 0 8 にドレン孔 1 4 1 9 が連通形成されている。このドレン孔 1 4 1 9 の上端は環状空間 1 4 0 9 に開口し、他端には上記第 5 1 の実施形態における第 2 の切削液検出センサと同様なセンサ 1 4 2 0 が配設されている。

この第 5 2 実施形態の主軸装置では、ラビリンス 1 4 1 3 およびラビリンスシール 1 4 1 2 を経て環状空間 1 4 0 9 に浸入した切削液は、ドレン孔 1 4 1 9 を経て、切削液検出センサ 1 4 2 0 に達し、該センサによって切削液の浸入が検知される。

この実施形態によれば、軸受 1 4 0 1 の周辺にセンサを配置することができない場合に有効である。

#### (第 5 3 実施形態)

図 9 7 に示した第 5 3 実施形態では、外輪間座 1 4 0 4 における環状空間 1 4 0 9 側の面に、上記第 5 0 の実施形態と同様な切削液検出センサ 1 4 2 1 が貼り付けられ、外輪間座 1 4 0 4 とハウジング主体 1 4 0 2 とにそれぞれ孔 1 4 0 4 a, 1 4 0 2 a が形成され、それらの孔に配線 1 4 2 1 a が收容されている。

この実施形態では、前蓋 1 4 0 3 およびカバー 1 4 0 8 にドレン孔 1 4 2 2 が連通形成されており、該ドレン孔の一端が前記環状空間 1 4 0 9 の底部に開口し

ている。そして、ドレン孔 1 4 2 2 の他端には、排出バルブ 1 4 2 3 が配設されている。この排出バルブ 1 4 2 3 には、チェックバルブが採用されている。この排出バルブ 1 4 2 3 は、ボール 1 4 2 3 a を押し込むことによって開放されるもので、ボール 1 4 2 3 a を押し込むための押し込み具 1 4 2 4 を備えている。この押し込み具 1 4 2 4 は、先端に棒状突起 1 4 2 4 a を備えている。また、この押し込み具 1 4 2 4 は内部に吸引通路 1 4 2 4 b を備えたものであってもよい。

この第 5 3 実施形態の主軸装置では、ラビリンス 1 4 1 3 およびラビリンスシール 1 4 1 2 を経て環状空間 1 4 0 9 に浸入した切削液は、ドレン孔 1 4 2 2 を経て、排出バルブ 1 4 2 3 まで流れ込む。この実施形態の場合には、ドレン孔 1 4 2 2 に切削液が溜められ、その切削液が環状空間 1 4 0 9 に達すると、切削液検出センサ 1 4 2 1 によって検知される。それまでは、ドレン孔 1 4 2 2 は排出バルブ 1 4 2 3 のチェック弁機構により閉じられているため、ドレン孔 1 4 2 2 から切削液が浸入することはない。切削液検出センサ 1 4 2 1 によって切削液が検知された場合には、排出バルブ 1 4 2 3 のボール 1 4 2 3 a を押し込み具 1 4 2 4 の突起 1 4 2 4 a で押し込んでバルブ 1 4 2 3 を開き、それによってドレン孔 1 4 2 2 内の切削液を外部に排出させることができる。

なお、吸引通路 1 4 2 4 b を備えた押し込み具 1 4 2 4 を使用し、ドレン孔 1 4 2 2 内の切削液を吸引すれば、粘度の高まった切削液でも確実に排出させることができる。

また、押し込み具 1 4 2 4 を主軸頭の可動範囲に固定しておけば、送り軸の移動機構が使用できるので、安価に自動化が図れる。また、可動範囲内に押し込み具 1 4 2 4 が存在すると都合が悪い場合には、押し込み具 1 4 2 4 をアクチュエータで可動させるようにしてもよい。

#### (第 5 4 実施形態)

図 9 8 に示した第 5 4 実施形態では、外輪間座 1 4 0 4 と内輪間座間 1 4 0 7 に軸受シール 1 4 2 5 を配装し、その軸受シール 1 4 2 5 の環状空間 1 4 0 9 側に上記第 5 0 の実施形態と同様な切削液検出センサ 1 4 2 6 が取付けられている。そして、この実施形態では、前蓋 1 4 0 3 およびハウジング主体 1 4 0 2 に孔 1

403a, 1402aが形成され、それらの孔に配管1426aが挿通されている。

この第54実施形態の主軸装置では、第50実施形態と同様に、ラビリンス1413およびラビリンスシール1412を経て内部に浸入した切削液は、切削液検出センサ1426によって検知される。

この第54実施形態の主軸装置の場合には、軸受シール1425によって軸受1401への異物浸入を防止することができ、かつ軸受から潤滑剤の漏出を防止することができるばかりでなく、センサ付き軸受シールとしてコンパクトかつ組付け性のよいセンサの設置が可能になる。

#### (第55実施形態)

図99に示した第55実施形態では、切削液検出センサの信号により、軸受1401に潤滑剤を供給する機能を備えた主軸装置を示している。

この実施形態では、第50実施形態と同様に、外輪間座1404における環状空間1412側の面に切削液検出センサ1427が取付けられており、外輪間座1404とハウジング主体1402とに、それぞれ孔1404a, 1402aが形成され、それらの孔に配線1427aが収容されている。

また、この実施形態では、軸受1401の外輪1401aにグリース供給孔1401cが形成され、該グリース供給孔は、ハウジング主体1402に形成した孔1402bを介して潤滑剤供給装置1428に接続されている。

そして、この潤滑剤供給装置1428は、切削液検出センサ1427の信号に基づいて、制御装置1429によって制御される。

この第55実施形態の主軸装置では、第50実施形態と同様に、ラビリンス1413およびラビリンスシール1412を経て内部に浸入した切削液は、切削液検出センサ1427によって検知される。そして、センサ1427によって切削液が検出されると、制御装置1429によって、潤滑剤供給装置1428に潤滑剤供給指令が送られ、該潤滑剤供給装置から潤滑剤が軸受1401に圧送される。

特に、グリース封入式の主軸装置の場合には、一度、軸受内部に切削液が浸入してしまうと、潤滑機能が著しく劣化し、焼き付きを発生し易い。しかも切削液

検出機能がないと、焼き付く前に補修することもできない。

この実施形態の主軸装置の場合には、潤滑剤供給装置 1 4 2 8 が備えられているので、切削液検出センサ 1 4 2 7 と併用することにより、信頼性の高いグリース潤滑式の主軸装置が得られる。

図 1 0 0 は、本発明の主軸装置 A を備えた工作機械の制御システムを示している。

この工作機械では、主軸装置 A において切削液検出センサで切削液の存在を検知すると、その信号が制御装置 B に入力され、制御装置 B に付設されたモニター C に警告メッセージが表示されるか、又は同時に警告灯 D を点灯させる。この警告表示を知ったオペレータは、制御装置 B の操作盤を操作することによって、切削液の流量や圧力を調整したり、切削液噴射ノズル E の向きを変えるなどして、切削液のそれ以上の浸入を防止することができる。

また、主軸装置 A に設けた排出バルブ（図 9 7 におけるバルブ 1 4 2 3） F から切削液を外部に排出することも可能であり、さらには、潤滑剤供給孔（図 9 9 における潤滑剤供給用の孔 1 4 0 2 b） G から新たな潤滑剤を供給することもできる。

図 1 0 1 は切削液検出センサを備えた主軸装置に切削液を実際にかけて、センサの信号を時系列で測定した結果である。浸入した時点で電圧がおよそ 0 ボルトから 2 ボルトに上がり検出できたことから、センサの効果を確認できた。

以上説明したように第 5 0 ～第 5 5 実施形態に係る主軸装置によれば、軸受内部に切削液が浸入する以前に主軸装置内部への切削液浸入を検出し、機械運転を長時間止めることなく、主軸軸受の潤滑性能を安定して長時間維持可能である。

上記実施形態の主軸装置によれば、シール部に浸入した切削液を軸受内部へ切削液が浸入する前に検出できる。また、最近使用されているスルークーラントで回転継手が破損し、切削液が主軸装置内部に浸入する問題も発生しており、漏れ検出用のセンサを付ける場合があるが、センサが切削液の浸入を検知しても対処することは難しかった。本件では、切削液の浸入を検出した後、潤滑剤を軸受に供給することにより、従来潤滑剤が洗い流されてしまったことによる軸受の損傷

を防止し、故障した部品は修理が必要であるが、主軸装置が使用できない状態は回避することが可能になる。特に、主軸装置がグリース潤滑である場合は有効である。

以下、本発明の第56～第63実施形態を図面に基づいて説明する。以下に説明する実施形態は、工作機械用主軸装置や、ACサーボモータ用主軸装置を支持するのに好適に用いられる。

(第56実施形態)

図102に、本発明を適用した56実施形態のアンギュラ玉軸受を備えた主軸装置を構成するアンギュラ玉軸受装置1503を示す。このアンギュラ玉軸受装置1503は、アンギュラ玉軸受1532と、アンギュラ玉軸受1532の側面に配置されるとともに、内外輪1542, 1543の近傍に配置された回転体としての排出間座1533, 1538と、回転軸1545と、アンギュラ玉軸受1532を支持するハウジング1536とを備えている。

また、このアンギュラ玉軸受装置1503は、外輪間座1534と、この外輪間座1534の端部に形成された切り欠き1535と、ハウジング1536における切り欠き1535の外周側に形成された潤滑剤貯蔵空間1537とを備えている。

上記の切り欠き1535は、図103に示すように、外輪間座1534に放射状に複数個設けられている。このように、放射状に複数個の切り欠き1535を設けることにより、潤滑剤の排出効率が向上する。

図102のアンギュラ玉軸受1532と外輪間座1534との間には、隙間1539が形成されている。更に、ハウジング1536には、外部よりアンギュラ玉軸受1532内部へ潤滑剤を供給する潤滑剤供給経路1531が形成されている。また、排出間座1533, 1538の側方にも潤滑剤貯蔵空間1540が形成されている。

このアンギュラ玉軸受装置1503は、外部から供給された潤滑剤が潤滑剤供給経路1531からアンギュラ玉軸受1532の内部へ供給されてアンギュラ玉軸受1532内部へ貯蔵される。

このアンギュラ玉軸受 1 5 3 2 内に貯蔵された潤滑剤のうち、排出間座 1 5 3 3, 1 5 3 8 に接触した潤滑剤は、排出間座 1 5 3 3, 1 5 3 8 の回転力によりアンギュラ玉軸受 1 5 3 2 の外部へ弾き飛ばされる。

排出間座 1 5 3 3 によって弾き飛ばされた潤滑剤は、外輪間座 1 5 3 4 に設けられた切り欠き 1 5 3 5 を通過し、ハウジング 1 5 3 6 に備えられた潤滑剤貯蔵空間 1 5 3 7 へ進入して貯蔵される。

切り欠き 1 5 3 5 を通過できなかった潤滑剤は、アンギュラ玉軸受 1 5 3 2 と排出間座 1 5 3 3 間の隙間 1 5 3 9 を通過し、排出間座 1 5 3 3 と外輪間座 1 5 3 4 の間の潤滑剤貯蔵空間 1 5 4 0 に貯蔵される。

潤滑剤貯蔵空間 1 5 3 7 は、ハウジング 1 5 3 6 の内径に溝状に設けられた空間であり、潤滑剤貯蔵空間 1 5 4 0 と合わせて、工作機械用主軸で潤滑剤の一般的寿命とされている 2 万時間分の潤滑剤を蓄えることができる。

一般的に、2 万時間分の潤滑剤を貯蔵するのに必要な空間の容積は、一回の潤滑剤吐出量が 0.02cc、吐出間隔が 12 時間の場合、およそ 33cc である。本発明では、両方の潤滑剤貯蔵空間 1 5 3 7, 1 5 4 0 を合計した容積は 34cc である。

図 1 0 2 において、軸 1 5 4 5 が高速回転しているとき、アンギュラ玉軸受 1 5 3 2 内部の空気は玉 1 5 4 4 の自転軸の影響により、図 1 0 2 中の左から右方向へと流れる。したがって、潤滑剤は主にアンギュラ玉軸受 1 5 3 2 の右側へ排出されるため、隙間 1 5 3 9 を 0.2~0.5mm に設定すると排出効率が良い。

図 1 0 2 中の左側の排出間座 1 5 3 8 の方は、もともと潤滑剤が排出されにくいので、隙間 1 5 4 1 は隙間 1 5 3 9 より大きくしても良く、外周のハウジング 1 5 3 6 に潤滑剤貯蔵空間が無くても潤滑剤の排出は可能である。

このように、本発明のアンギュラ玉軸受装置 1 5 0 3 は、アンギュラ玉軸受 1 5 3 2 内部への充満された潤滑剤が、アンギュラ玉軸受 1 5 3 2 近傍に配置され回転体として形成された排出間座 1 5 3 3, 1 5 3 8 に付着し、この排出間座 1 5 3 3, 1 5 3 8 は軸 1 5 4 5 とともに回転しているため、排出間座 1 5 3 3, 1 5 3 8 に付着した潤滑剤は、回転力で軸受の外側へ弾き飛ばされ、潤滑剤は強制的かつ継続的に軸受外部へ排出される。

上記の潤滑剤としてはグリース、オイルどちらにも有効であり、潤滑剤の攪拌抵抗が減少して発熱を押さえる作用もある。

さらに排出間座 1 5 3 3 外周方向のハウジング 1 5 3 6 に排出された潤滑剤を貯蔵する潤滑剤貯蔵空間 1 5 3 7 が設けられているので、排出間座 1 5 3 3 により弾き飛ばされた潤滑剤が潤滑剤貯蔵空間 1 5 3 7 内へ容易に進入することができ、貯蔵空間容積も大きくできる。

また、軸 1 5 4 5 の回転数に応じ潤滑剤を弾き飛ばす回転力の大きさが変わるため、潤滑剤供給量が少なくてすむ。低速回転時には同時に潤滑剤排出量も抑えられ、回転数に応じた適切な潤滑剤供給が可能となる。

#### (第 5 7 実施形態)

図 1 0 4 は、本発明の第 5 7 実施形態の主軸装置を構成するアンギュラ玉軸受装置 1 5 0 4 を示す。なお、以下の各実施形態においては、図 1 0 2 と同一の部分には同一の符号を付けて詳細な説明を省略した。

このアンギュラ玉軸受装置 1 5 0 4 は、アンギュラ玉軸受 1 5 5 0 が背面組合わせで取り付けられている。また、潤滑剤が図 1 0 4 中の左側の外輪間座 1 5 3 4 を通り抜けるべき空間が、穴 1 5 5 1 で構成されている。

#### 【 2 0 2 1 】

穴 1 5 5 1 は、図 1 0 5 (a), (b) に示すように、外輪間座 1 5 3 4 に放射状に複数箇所設けられている。これにより、潤滑剤が効率よく排出される。

このアンギュラ玉軸受装置 1 5 0 4 も、上記第 5 6 の実施形態のアンギュラ玉軸受装置 1 5 0 3 と同様の作用効果を有する。

#### (第 5 8 実施形態)

図 1 0 6 は、本発明を適用した第 5 8 実施形態の主軸装置を構成するアンギュラ玉軸受装置 1 5 0 6 を示す。

このアンギュラ玉軸受装置 1 5 0 6 は、排出間座 1 5 5 2 a, 1 5 5 2 b が内輪間座 1 5 5 3 と別部材で形成されている。この場合、最小限の材料で排出間座 1 5 5 2 a, 1 5 5 2 b を製作することができ、低コストを実現できる。

#### (第 5 9 実施形態)

図１０７は、本発明を適用した第５９実施形態の主軸装置を構成するアンギュラ玉軸受装置１５０７を示す。

このアンギュラ玉軸受装置１５０７は、図１０２の排出間座１５３３に代えて、軸受１５３２の内輪１５４２および保持器１５５４に排出鏝１５５５が設けられている。

このアンギュラ玉軸受装置１５０７は、内輪間座１５５３の形状設計に影響を及ぼさずにすむ。

#### （第６０実施形態）

図１０８は、本発明を適用した第６０実施形態の主軸装置を構成するころ軸受装置１５０８を示す。

このころ軸受装置１５０８は、図１に示したアンギュラ玉軸受装置１５０３のアンギュラ玉軸受３２に代えて、ころ軸受１５５６を用いたものである。このころ軸受装置１５０８も、図１０２に示したアンギュラ玉軸受装置１５０３と同様な作用効果を有する。

#### （第６１実施形態）

図１０９は、本発明を適用した第６１実施形態の主軸装置を構成するアンギュラ玉軸受装置１５０９を示す。このアンギュラ玉軸受装置１５０９は、図１０２の潤滑剤貯蔵空間１５３７に代えて、潤滑剤貯蔵穴１５５７が設けられている。

この潤滑剤貯蔵穴１５５７は、放射状に複数設けられている。これにより、潤滑剤を貯蔵するために十分な大きさの空間を得ることができる。

#### （第６２実施形態）

図１１０は、本発明を適用した第６２実施形態の主軸装置を構成する軸受装置１５６０を示す。この軸受装置１５６０では、ハウジング１５３６の潤滑剤貯蔵空間１５３７に貯蔵された潤滑剤が、潤滑剤貯蔵空間１５３７に連続する排出穴１５６１へ流れ込み、ここに貯蔵される。

排出穴１５６１は、円周上に複数個設けられており、潤滑剤貯蔵空間１５３７の容積を大きくとることができる。

軸１５４５を水平方向に設置する場合は、排出穴１５６１が円周上に複数個あ



るので、ハウジング 1 5 3 6 の位相をどのように設置しても、潤滑剤貯蔵空間 1 5 3 7 より下に排出穴 1 5 6 1 を配置できる。従って、設計、組付けが容易になる利点がある。

#### (第 6 3 実施形態)

図 1 1 1 は、本発明を適用した第 6 3 実施形態のスピンドル装置 1 5 7 0 を示す。このスピンドル装置 1 5 7 0 は、ハウジング 1 5 3 6 に排出穴 1 5 7 1 が設けられている。また、排出穴 1 5 7 1 の一方の端部に流体入口 1 5 7 2 が設けられ、他方の端部に潤滑剤排出口 1 5 7 3 が設けられている。

このスピンドル装置 1 5 7 0 は、外部から排出穴 1 5 7 1 に別の流体を入れることによって、メンテナンスをする機能を備えている。

いま、スピンドル装置 1 5 7 0 が一定期間連続して使用され、潤滑剤が潤滑剤貯蔵空間 1 5 3 7 および排出穴 1 5 7 1 に充満して、それ以上貯蔵できなくなったときには、メンテナンスが必要となる。

このとき、流体入口 1 5 7 2 より流体を入れると、アンギュラ玉軸受 1 5 3 2、潤滑剤貯蔵空間 1 5 3 7、および排出穴 1 5 7 1 の内部に貯蔵された潤滑剤が洗い流され、潤滑剤排出口 1 5 7 3 より排出される。

流体入口 1 5 7 2 と潤滑剤排出口 1 5 7 3 は逆でも良く、両方から流体を入れて両方から潤滑剤を排出することも可能である。古い潤滑剤を排出した後は、新しい潤滑剤を外部から供給することによりスピンドル装置 1 5 7 0 を解体、再組立することなく元の潤滑性能が発揮できるようになる。

外部からの潤滑剤供給には、スピンドル装置 1 5 7 0 にもともと備えられた潤滑剤供給機能を用いると、より容易なメンテナンスが可能である。また、メンテナンス用の供給装置を用いてもよい。

メンテナンスに使用する流体の例としては、圧縮空気、洗浄液、オイル、およびそれらの併用等がある。

図 1 1 2 (a) は、本発明と従来例において、潤滑剤を供給しながら連続運転した結果を比較したものである。本発明では、従来例に比べ異常昇温も無く、アンギュラ玉軸受 1 5 3 2 内部の潤滑剤残存量も適正な値である。

なお、図 1 1 2 (a) の試験条件を図 1 1 2 (b) に示す。

以上説明したように、本発明によれば、軸受内部に供給された潤滑剤が、軸受近傍に配置された回転体に付着し、この回転体の回転力で軸受の外側へ弾き飛ばされ、潤滑剤は強制的かつ継続的に軸受外部へ排出される。潤滑剤はグリース、オイルどちらでも有効であり、攪拌抵抗が減少して発熱を押さえる作用もある。

さらに回転体外周方向のハウジングに排出潤滑剤の貯蔵空間が設けられているので、回転体により弾き飛ばされた潤滑剤が貯蔵空間内へ容易に進入することができ、貯蔵空間容積も大きくできる。

また、主軸の回転数に応じ潤滑剤を弾き飛ばす回転力の大きさが変わるため、潤滑剤供給量が少なくすみ、低速回転時には同時に潤滑剤排出量も抑えられ、回転数に応じた適切な潤滑剤供給が可能となる。

貯蔵空間が潤滑剤で満たされると、軸受装置外部へ排出する必要があるが、本発明によれば、ハウジングに設けられた貯蔵空間と繋がる排出穴へ外部から流体を入れることにより、潤滑剤を全て排出させることができるので、容易にメンテナンスが可能となる。

なお、上記の実施形態におけるグリース補給装置は、主軸装置に用いられる転がり軸受にグリースを潤滑するために主に用いられているが、本発明のグリース補給装置は、主軸装置に限定されず、その他の装置に用いられた転がり軸受を潤滑するものであってもよい。

本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。

本出願は、2002 年 7 月 29 日出願の日本特許出願（特願 2002-220015）、  
2002 年 8 月 2 日出願の日本特許出願（特願 2002-226233）、  
2002 年 8 月 30 日出願の日本特許出願（特願 2002-253082）、  
2003 年 3 月 14 日出願の日本特許出願（特願 2003-070338）、  
2003 年 4 月 15 日出願の日本特許出願（特願 2003-110788）、  
2003 年 4 月 15 日出願の日本特許出願（特願 2003-110789）、

2003 年 4 月 17 日出願の日本特許出願（特願 2003－113421）、  
2003 年 4 月 25 日出願の日本特許出願（特願 2003－122551）、  
2003 年 7 月 3 日出願の日本特許出願（特願 2003－270786）、  
2003 年 7 月 15 日出願の日本特許出願（特願 2003－274546）、  
2003 年 7 月 24 日出願の日本特許出願（特願 2003－279135）、  
2003 年 7 月 24 日出願の日本特許出願（特願 2003－279306）、  
2003 年 7 月 24 日出願の日本特許出願（特願 2003－279345）、  
2003 年 7 月 25 日出願の日本特許出願（特願 2003－280365）、  
に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

<産業上の利用可能性>

潤滑剤供給、特にグリース供給において、高速回転が可能であると共に、軸受の長寿命化が可能な、転がり軸受、グリース補給装置、主軸装置、グリース補給方法及びグリース補給プログラムを提供することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 内周面に外輪軌道面を有する外輪と、外周面に内輪軌道面を有する内輪と、前記外輪軌道面と前記内輪軌道面との間に転動自在に設けられた転動体とを備え、主軸をハウジング内に回転可能に支持する転がり軸受と、

前記転がり軸受の内部にグリースを補給するグリース補給装置と、を有する主軸装置であって、

前記グリース補給装置は、一回の補給量が0.004cc～0.1ccとなるように前記グリースを補給することを特徴とする主軸装置。

2. 前記グリース補給装置は、前記外輪に設けられた補給孔を含むことを特徴とする請求の範囲第1項記載の主軸装置。

3. 前記主軸装置は、さらに外輪間座を有し、

前記グリース補給装置は、前記外輪間座に設けられた補給孔を含むことを特徴とする請求の範囲第1項記載の主軸装置。

4. 前記グリース補給装置は、前記ハウジングに設けられた補給孔を含むことを特徴とする請求の範囲第1項記載の主軸装置。

5. 前記主軸装置は、さらに前記内輪或いは前記外輪の側面近傍に配置された少なくとも一つの回転体を備え、

前記回転体の回転によってグリースを前記転がり軸受の外部へ排出することを特徴とする請求の範囲第1項記載の主軸装置。

6. 前記ハウジングに、排出されたグリースを貯蔵する貯蔵空間を設けたことを特徴とする請求の範囲第5項記載の主軸装置。

7. 前記貯蔵空間から、前記主軸装置の外部へグリースを排出させる少なくとも一つの排出穴を有し、該排出穴にグリースを貯蔵することが可能であることを特徴とする請求の範囲第6項記載の主軸装置。

8. 前記回転体は、内輪間座、前記内輪、前記転がり軸受の保持器の少なくとも一つに形成された鏝であることを特徴とする請求の範囲第5～7項のいずれかに記載の主軸装置。

9. 前記排出穴にグリースとは別の流体を外部から入れることにより、グリースを排出可能であることを特徴とする請求の範囲第7又は8項記載の主軸装置。

10. 前記主軸装置は、前記主軸の回転速度を検出する回転センサを備え、前記グリース補給装置は、前記回転速度に応じて前記転がり軸受の内部にグリースを補給することを特徴とする請求の範囲第1項記載の主軸装置。

11. 前記グリース補給装置は、回転速度を複数の領域に分割して前記領域毎に加算値を設定し、測定された前記回転速度に対応する前記加算値を単位時間毎に積算して積算値を求め、

前記積算値が所定値以上となった場合にグリースを補給することを特徴とする請求の範囲第10項記載の主軸装置。

12. 前記グリース補給装置は、前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することを特徴とする請求の範囲第11項記載の主軸装置。

13. 前記グリース補給装置は、前記軸の停止時は加算値を0とし積算を行わないことを特徴とする請求の範囲第11又は12項記載の主軸装置。

14. 前記グリース補給装置は、前記グリース補給装置内のグリース残量が所定値以下になったときに前記主軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御することを特徴とする請求の範囲第10～13項のいずれかに記載の主軸装置。

15. 前記グリース補給装置は、前記グリース補給装置内のグリース残量が所定値以下になったときに前記主軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御し、

前記所定の回転速度は、前記複数の領域の最高回転速度領域の1つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする請求の範囲第11～13項のいずれかに記載の主軸装置。

16. 前記グリース補給装置は、逆止弁及び定量吐出ピストンを備えて前記グリースを吐出するための機械式定量型ピストンポンプと、前記グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンク内のグリースを加圧するグリースタ

ンク内ピストンと、前記グリースタンクに設けられ、グリースの残存量を監視するセンサと、を備えたことを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の主軸装置。

17. 前記センサは、前記グリースタンク内ピストンに取り付けられた磁石を有していることを特徴とする請求の範囲第 16 項記載の主軸装置。

18. 前記グリースタンク内のグリースの圧力、若しくは前記機械式定量型ピストンポンプと前記グリースタンクを接続するグリース配管内のグリースの圧力を監視するセンサが設けられていることを特徴とする請求の範囲第 16 又は 17 項記載の主軸装置。

19. 前記機械式定量型ピストンポンプがストロークしてグリースを吐出後、前記定量吐出ピストンが元に戻った状態で、前記グリースタンク内のグリースを加圧するために前記グリースタンク内ピストンに圧力を一定時間保持する機構が設けられていることを特徴とする請求の範囲第 16 ～ 18 項のいずれかに記載の主軸装置。

20. 前記センサが、異常を検知した際に前記主軸の回転速度の上限を制御することを特徴とする請求の範囲第 16 ～ 19 項記載のいずれかに記載の主軸装置。

21. 前記グリース補給装置は、前記グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンクから送給されたグリースを予め定められた量だけ収容するシリンダと、該シリンダ内に収容された定量のグリースをグリース補給用配管に吐出するように、前記シリンダ内を往復移動可能な定量吐出ピストンと、前記シリンダの端部に配された逆止弁と、を有する機械式定量型ピストンポンプを備えたことを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の主軸装置。

22. 前記機械式定量型ピストンポンプは、前記シリンダ内に媒体を供給するバルブを有し、前記定量吐出ピストンは、前記バルブより供給された前記媒体により駆動されることを特徴とする請求の範囲第 21 項記載の主軸装置。

23. 前記グリース補給用配管は、テフロンチューブとしたことを特徴とする請求の範囲第 21 又は 22 項のいずれかに記載の主軸装置。

24. 前記主軸装置は、さらに前記ハウジングの内部に冷却液を供給して所

定個所を冷却する冷却手段と、前記主軸に設けられたロータおよび前記ロータに対向するように前記ハウジングの内周面に設けられたステータを備えるモータとを備え、

前記主軸は前記モータによって駆動され、

前記冷却手段は、前記ステータを冷却可能であるとともに、前記転がり軸受における少なくとも前記外輪を冷却可能であることを特徴とする請求の範囲第1項記載の主軸装置。

25. 前記冷却手段は、前記冷却液を前記主軸内部に供給し、かつ、前記冷却液を前記主軸の長手方向に沿って流通させることにより前記主軸を冷却可能であることを特徴とする請求の範囲第24項記載の主軸装置。

26. 前記主軸および前記ハウジングから排出される前記冷却液を回収する冷却液回収手段を有することを特徴とする請求の範囲第24又は25項記載の主軸装置。

27. 前記転がり軸受は、前記外輪に形成され前記転がり軸受の内部へグリースを補給する少なくとも一つの補給孔と、前記外輪の外周に形成され前記補給孔を含む環状溝とを備え、

前記環状溝の断面積 ( $\text{mm}^2$ ) を前記環状溝の断面周長さ (mm) で割った値が、0.25 mm以上であることを特徴とする請求の範囲第1項記載の主軸装置。

28. 前記転がり軸受は、前記外輪に形成され前記転がり軸受の内部へグリースを補給する少なくとも一つの補給孔を備え、

前記ハウジングは、その内周に形成され前記補給孔に臨む環状溝を備え、

前記環状溝の断面積 ( $\text{mm}^2$ ) を前記環状溝の断面周長さ (mm) で割った値が0.25 mm以上であることを特徴とする請求の範囲第1項記載の主軸装置。

29. 前記外輪の外周または前記ハウジングの内周には、前記補給孔の軸方向両側に一对の外側円環溝が形成されており、前記一对の外側円環溝にはOリングが嵌め込まれたことを特徴とする請求の範囲第27又は28項記載の主軸装置。

30. 前記ハウジングの内周と前記外輪の外周の隙間が30  $\mu\text{m}$ 以下であり

、前記外輪の外径面と前記ハウジングが軸方向に接している部分の長さが1 mm以上であることを特徴とする請求の範囲第27又は28項記載の主軸装置。

31. 前記主軸は、工作機械用主軸であることを特徴とする請求の範囲第1～30項のいずれかに記載の主軸装置。

32. 前記主軸は、高速モータ用主軸であることを特徴とする請求の範囲第1～30項のいずれかに記載の主軸装置。

33. 内周面に外輪軌道面を有する外輪と、外周面に内輪軌道面を有する内輪と、前記外輪軌道面と前記内輪軌道面との間に転動自在に設けられた転動体とを備え、主軸をハウジング内に回転可能に支持する転がり軸受と、

外部より前記転がり軸受の内部へ潤滑剤を供給する潤滑剤供給経路と、

前記内輪又は前記外輪の側面近傍に配置された回転体と、を備え、

前記回転体の回転によって前記潤滑剤を前記転がり軸受の外部へ排出することを特徴とする主軸装置。

34. 前記ハウジングに、排出された潤滑剤を貯蔵する貯蔵空間を設けたことを特徴とする請求の範囲第33項記載の主軸装置。

35. 前記貯蔵空間から、前記主軸装置の外部へ前記潤滑剤を排出させる少なくとも一つの排出穴を有し、該排出穴に前記潤滑剤を貯蔵することが可能であることを特徴とする請求の範囲第34項記載の主軸装置。

36. 前記回転体は、内輪間座、前記内輪、前記転がり軸受の保持器の少なくとも一つに形成された鏑であることを特徴とする請求の範囲第34又は35項記載の主軸装置。

37. 前記排出穴に前記潤滑剤とは別の流体を外部から入れることにより、前記潤滑剤を排出可能であることを特徴とする請求の範囲第34～36項のいずれかに記載の主軸装置。

38. 前記主軸は、工作機械用主軸であることを特徴とする請求の範囲第33～37項のいずれかに記載の主軸装置。

39. 前記主軸は、高速モータ用主軸であることを特徴とする請求の範囲第33～37項のいずれかに記載の主軸装置。



40. 主軸とハウジング前端との間隙から転がり軸受までの切削液浸入域に、切削液検出センサを配設したことを特徴とする主軸装置。

41. 前記切削液検出センサを、ラビリンスシールから前記転がり軸受までの間に配設したことを特徴とする請求の範囲第40項記載の主軸装置。

42. 前記切削液浸入域にドレン通路を開口し、該ドレン通路に切削液検出センサを配設したことを特徴とする請求の範囲第40又は41項記載の主軸装置。

43. 前記ドレン通路に排出バルブを配設したことを特徴とする請求の範囲第40～42項のいずれかに記載の主軸装置。

44. 前記切削液検出センサでの検出信号に基づいて、前記排出バルブを作動して、前記切削液浸入域から切削液を排出することを特徴とする請求の範囲第43項記載の主軸装置。

45. 前記転がり軸受に潤滑剤供給孔を形成するとともに、該潤滑剤供給孔を潤滑供給装置に接続し、前記切削液検出センサでの検出信号に基づいて、前記潤滑供給装置を作動して、前記転がり軸受に潤滑剤を供給させるようにしたことを特徴とする請求の範囲第40～44項のいずれかに記載の主軸装置。

46. 前記切削液検出センサの信号により前記転がり軸受が損傷しない運転条件に制限する機能を備えた工作機械に使用することを特徴とする請求の範囲第40項記載の主軸装置。

47. 前記切削液検出センサでの検出信号に基づいて、警告表示をする警告手段を備えたことを特徴とする請求の範囲第40～46項記載の主軸装置。

48. 転がり軸受を外嵌するハウジングと、前記転がり軸受に軸通される主軸と、前記転がり軸受の軸受空間にグリースを供給してグリース潤滑するグリース補給装置と、前記ハウジングの内部に冷却液を供給して所定個所を冷却する冷却手段とを有し、前記主軸に設けられたロータおよび前記ロータに対向するように前記ハウジングの内周面に設けられたステータを備えるモータにより、前記主軸が駆動される主軸装置であって、前記冷却手段が、前記ステータを冷却可能であるとともに、前記転がり軸受における少なくとも固定側軸受を冷却可能であることを特徴とする主軸装置。

49. 前記冷却手段が、前記冷却液を前記主軸内部に供給し、かつ、前記冷却液を前記主軸の長手方向に沿って流通させることにより前記主軸を冷却可能であることを特徴とする請求の範囲第48項記載の主軸装置。

50. 前記主軸および前記ハウジングから排出される前記冷却液を回収する冷却液回収手段を有することを特徴とする請求の範囲第48又は49項記載の主軸装置。

51. 前記主軸は、工作機械用主軸であることを特徴とする請求の範囲第48～50項のいずれかに記載の主軸装置。

52. 前記主軸は、高速モータ用主軸であることを特徴とする請求の範囲第48～50項のいずれかに記載の主軸装置。

53. 内周面に外輪軌道面を有する外輪と、外周面に内輪軌道面を有する内輪と、前記外輪軌道面と前記内輪軌道面との間に転動自在に設けられた転動体と、を有する転がり軸受の内部にグリースを補給するグリース補給機構を備えた転がり軸受用グリース補給装置であって、

前記グリース補給機構は、一回の補給量が0.004cc～0.1ccとなるようにグリースを補給することを特徴とするグリース補給装置。

54. 前記グリース補給機構は、前記外輪に設けられた補給孔を含むことを特徴とする請求の範囲第53項記載のグリース補給装置。

55. 前記グリース補給機構は、前記転がり軸受に近接した外輪間座に設けられた補給孔を含むことを特徴とする請求の範囲第53項記載のグリース補給装置。

56. 前記転がり軸受は、前記転動体があるところ軸受であることを特徴とする請求の範囲第53項記載のグリース補給装置。

57. 前記転がり軸受は、接触角を有し、前記転動体が玉であるアンギュラ玉軸受であって、

前記グリース補給機構は、前記外輪軌道面の前記玉との接触部からずれた箇所に開口する補給孔を含むことを特徴とする請求の範囲第53項記載のグリース補給装置。

58. 前記補給孔の直径が、0.1～5mmの範囲内であることを特徴とする請求の範囲第53～57項のいずれかに記載のグリース補給装置。

59. 前記転がり軸受は主軸を回転自在に支持しており、  
前記主軸の回転速度に応じて、前記グリースを補給する補給タイミングを制御する制御手段と、をさらに有することを特徴とする請求の範囲第53項記載のグリース補給装置。

60. 前記制御手段は、回転速度を複数の領域に分割して前記領域毎に加算値を設定し、測定された前記回転速度に対応する前記加算値を単位時間毎に積算して積算値を求め、前記積算値が所定値以上となった場合に前記グリース補給機構にグリース補給を指示することを特徴とする請求の範囲第59項記載のグリース補給装置。

61. 前記制御手段は、前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することを特徴とする請求の範囲第60項記載のグリース補給装置。

62. 前記制御手段は、前記主軸の停止時は加算値を0とし積算を行わないことを特徴とする請求の範囲第60又は61項記載のグリース補給装置。

63. 前記制御手段は、前記グリース補給機構内のグリース残量が所定値以下になったときに前記主軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御することを特徴とする請求の範囲第59～62項のいずれかに記載のグリース補給装置。

64. 前記制御手段は、前記グリース補給機構内のグリース残量が所定値以下になったときに前記主軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御し、  
前記所定の回転速度は、前記複数の領域の最高回転速度領域の1つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする請求の範囲第60～62項のいずれかに記載のグリース補給装置。

65. 前記グリース補給機構は、逆止弁及び定量吐出ピストンを備え、グリースを吐出するための機械式定量型ピストンポンプと、グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンク内ピストンとを有し、前記グリースタンクに

はグリースの残存量を監視するセンサが設けられていることを特徴とする請求の範囲第53項記載のグリース補給装置。

66. 前記センサが、前記グリースタンク内ピストンに取り付けられた磁石を有していることを特徴とする請求の範囲第65項記載のグリース補給装置。

67. 前記グリースタンク内のグリースの圧力、若しくは前記機械式定量型ピストンポンプと前記グリースタンクを接続するグリース配管内のグリースの圧力を監視するセンサが設けられていることを特徴とする請求の範囲第65又は66項記載のグリース補給装置。

68. 前記機械式定量型ピストンポンプがストロークしてグリースを吐出後、前記定量吐出ピストンが元に戻った状態で、前記グリースタンク内のグリースを加圧するために前記グリースタンク内ピストンに圧力を一定時間保持する機構が設けられていることを特徴とする請求の範囲第65～67項記載のいずれかに記載のグリース補給装置。

69. 前記グリース補給機構は、前記グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンクから送給されたグリースを予め定められた量だけ収容するシリンダと、該シリンダ内に収容された定量のグリースをグリース補給用配管に吐出するように前記シリンダ内を往復移動可能に配された定量吐出ピストンと、前記シリンダの端部に配された逆止弁と、を有する機械式定量型ピストンポンプとを備えたことを特徴とする請求の範囲第53項記載のグリース補給装置。

70. 前記機械式定量型ピストンポンプは、前記シリンダ内に媒体を供給するバルブを有し、前記定量吐出ピストンは、前記バルブより供給された前記媒体により駆動されることを特徴とする請求の範囲第69項記載のグリース補給装置。

71. 前記グリース補給用配管は、テフロンチューブとしたことを特徴とする請求の範囲第69又は70項記載のグリース補給装置。

72. 前記グリース補給機構は、前記外輪に形成され前記転がり軸受の内部へグリースを補給する少なくとも一つの補給孔と、前記外輪の外周に形成され前記補給孔を含む環状溝とを備え、

前記環状溝の断面積 ( $\text{mm}^2$ ) を前記環状溝の断面周長さ ( $\text{mm}$ ) で割った値が

、0.25mm以上であることを特徴とする請求の範囲第53項記載のグリース補給装置。

73. 前記グリース補給機構は、前記外輪に形成され前記転がり軸受の内部へグリースを補給する少なくとも一つの補給孔と、前記転がり軸受を介して前記主軸を支持するハウジングの内周に形成され前記補給孔に臨む環状溝を備え、

前記環状溝の断面積( $\text{mm}^2$ )を前記環状溝の断面周長さ(mm)で割った値が0.25mm以上であることを特徴とする請求の範囲第53項記載のグリース補給装置。

74. 前記外輪の外周または前記ハウジングの内周には、前記補給孔の軸方向両側に一对の外側円環溝が形成されており、前記一对の外側円環溝にはリングが嵌め込まれたことを特徴とする請求の範囲第72又は73項記載のグリース補給装置。

75. 前記ハウジングの内周と前記外輪の外周の隙間が $30\mu\text{m}$ 以下であり、前記外輪の外径面と前記ハウジングが軸方向に接している部分の長さが1mm以上であることを特徴とする請求の範囲第72又は73項記載のグリース補給装置。

76. 請求の範囲第53～75項のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した工作機械用主軸装置。

77. 請求の範囲第53～75項のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した高速モータ用高速主軸装置。

78. 主軸を回転自在に支持する転がり軸受の内部に追加グリースを補給するグリース補給機構と、

前記主軸の回転速度に応じて、前記グリース補給機構が前記追加グリースを補給する補給タイミングを制御する制御手段と、を有することを特徴とするグリース補給装置。

79. 前記制御手段は、回転速度を複数の領域に分割して前記領域毎に加算値を設定し、測定された前記回転速度に対応する前記加算値を単位時間毎に積算して積算値を求め、前記積算値が所定値以上となった場合に前記グリース補給機

構に前記追加グリース補給を指示することを特徴とする請求の範囲第 7 8 項記載のグリース補給装置。

8 0. 前記制御手段は、前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することを特徴とする請求の範囲第 7 9 項記載のグリース補給装置。

8 1. 前記制御手段は、前記軸の停止時は加算値を 0 とし積算を行わないことを特徴とする請求の範囲第 7 9 又は 8 0 項記載のグリース補給装置。

8 2. 前記制御手段は、前記グリース補給機構内のグリース残量が所定値以下になったときに前記軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御することを特徴とする請求の範囲第 7 8 ～ 8 1 項のいずれかに記載のグリース補給装置。

8 3. 前記制御手段は、前記グリース補給機構内のグリース残量が所定値以下になったときに前記軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御し、  
前記所定の回転速度は、前記複数の領域の最高回転速度領域の 1 つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする請求の範囲第 7 9 ～ 8 1 項のいずれかに記載のグリース補給装置。

8 4. 請求の範囲第 7 8 ～ 8 3 項のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した工作機械用主軸装置。

8 5. 請求の範囲第 7 8 ～ 8 3 項のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した高速モータ用主軸装置。

8 6. グリース潤滑される回転体に追加グリースを補給するグリース補給方法であって、

回転速度を複数の領域に分割するステップと、

前記複数の回転速度領域毎に加算値を設定するステップと、

単位時間毎に前記回転体の実回転速度を測定するステップと、

前記実回転速度が前記複数の領域のうち、どの領域に含まれるかを決定するステップと、

前記実回転速度を含む領域に対応する前記加算値を積算して積算値を求めるス

テップと、

前記積算値が所定値以上となった場合に追加グリースを補給する指示を発するステップと、を有することを特徴とするグリース補給方法。

８７．前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することすることを特徴とする請求の範囲第８６項記載のグリース補給方法。

８８．前記軸の停止時は加算値を０とし積算を行わないことを特徴とする請求の範囲第８６又は８７項記載のグリース補給方法。

８９．グリース残存量が所定値以下となった場合に、前記実回転速度が所定値以下となるように制御するステップを有することを特徴とする請求の範囲第８６～８８項のいずれかに記載のグリース補給方法。

９０．前記実回転速度の所定値は、前記複数の領域の最高回転速度領域の１つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする請求の範囲第８９項記載のグリース補給方法。

９１．請求の範囲第８６～９０項のいずれかに記載のグリース補給方法を使用した工作機械用主軸装置。

９２．請求の範囲第８６～９０項のいずれかに記載のグリース補給方法を使用した高速モータ用主軸装置。

９３．グリース潤滑される回転体に追加グリースを補給するグリース補給プログラムであって、

回転速度を複数の回転速度領域に分割するステップと、

前記複数の回転速度領域毎に加算値を設定するステップと、

単位時間毎に前記回転体の実回転速度を測定するステップと、

前記実回転速度が前記複数の領域のうち、どの領域に含まれるかを決定するステップと、

前記実回転速度を含む領域に対応する前記加算値を積算して積算値を求めるステップと、

前記積算値が所定値以上となった場合に追加グリースを補給する指示を発する

ステップと、をコンピュータに実行させることを特徴とするグリース補給プログラム。

94. 前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することを特徴とする請求の範囲第93項記載のグリース補給プログラム。

95. 前記軸の停止時は加算値を0とし積算を行わないことを特徴とする請求の範囲第93又は94項記載のグリース補給プログラム。

96. グリース残存量が所定値以下となった場合に、前記実回転速度が所定値以下となるように制御するステップを有することを特徴とする請求の範囲第93～95項のいずれかに記載のグリース補給プログラム。

97. 前記実回転速度の所定値は、前記複数の領域の最高回転速度領域の1つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする請求の範囲第96項記載のグリース補給プログラム。

98. 請求の範囲第93～97項のいずれかに記載のグリース補給プログラムを使用した工作機械用主軸装置。

99. 請求の範囲第93～97項のいずれかに記載のグリース補給プログラムを使用した高速モータ用主軸装置。

100. 逆止弁及び定量吐出ピストンを備え、グリースを吐出するための機械式定量型ピストンポンプと、前記グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンク内ピストンとを有し、前記グリースタンクには前記グリースの残存量を監視するセンサが設けられていることを特徴とするグリース補給装置。

101. 前記センサが、前記グリースタンク内ピストンに取り付けられた磁石を有していることを特徴とする請求の範囲第100項記載のグリース補給装置。

102. 前記グリースタンク内の前記グリースの圧力、若しくは前記機械式定量型ピストンポンプと前記グリースタンクを接続するグリース配管内のグリースの圧力を監視するセンサが設けられていることを特徴とする請求の範囲第100又は101項記載のグリース補給装置。

103. 前記機械式定量型ピストンポンプがストロークしてグリースを吐出



後、前記定量吐出ピストンが元に戻った状態で、前記グリースタンク内の前記グリースを加圧するために前記グリースタンク内ピストンに圧力を一定時間保持する機構が設けられていることを特徴とする請求の範囲第100～102項のいずれかに記載のグリース補給装置。

104. 請求の範囲第100～103項のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した工作機械用主軸装置。

105. 請求の範囲第100～103項のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した高速モータ用主軸装置。

106. 前記センサが、異常を検知した際に回転速度の上限を制御すること  
を特徴とする請求の範囲第104又は105項に記載の主軸装置。

図 1

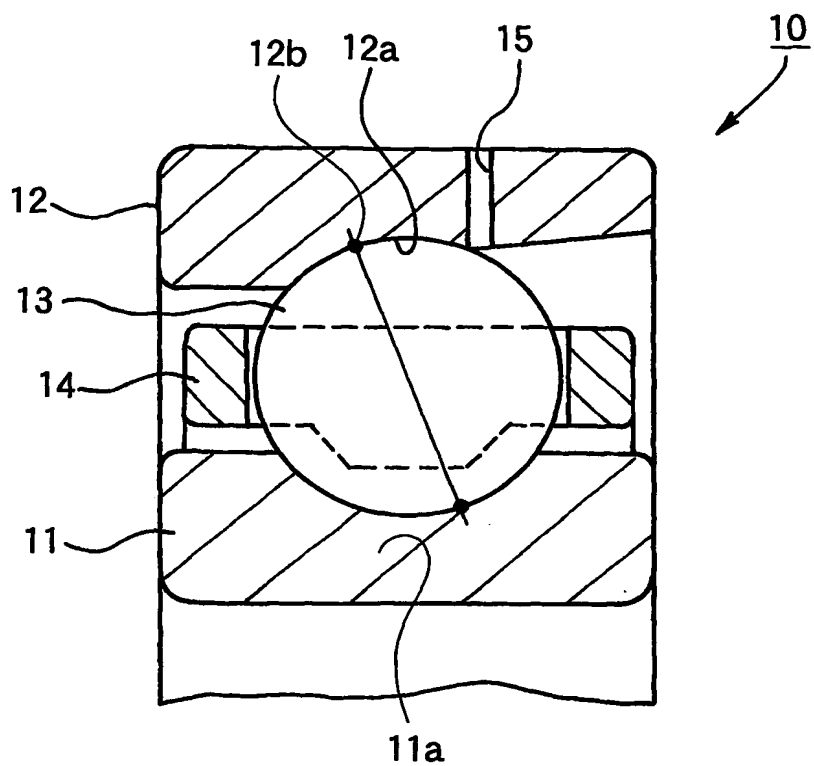


図 2

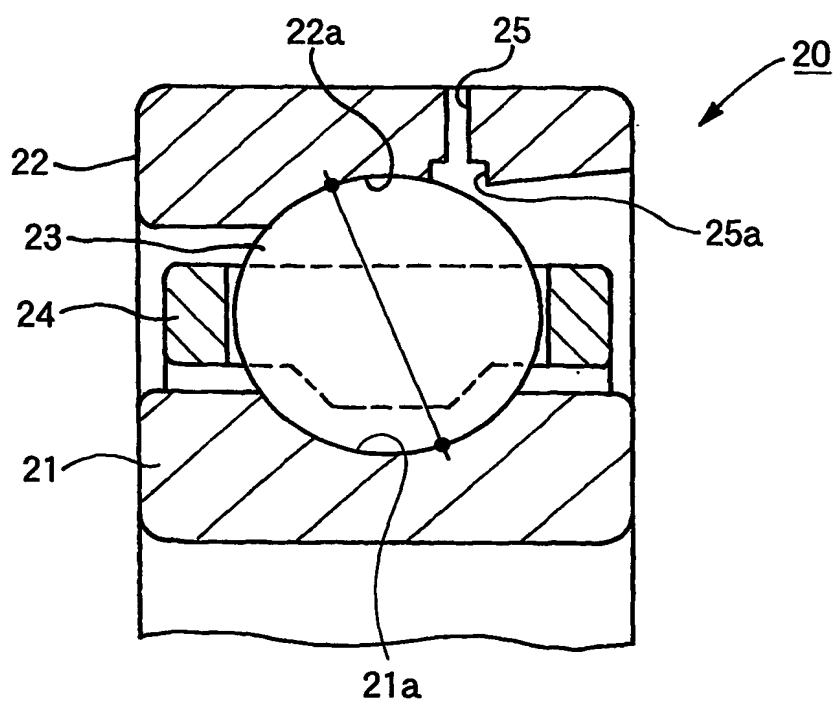


図 3

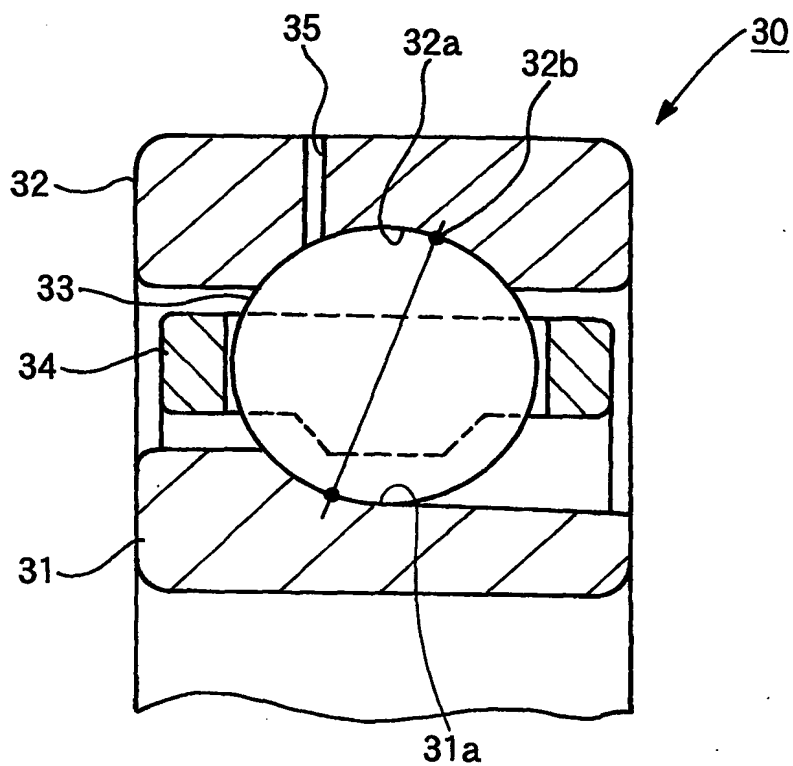


図 4

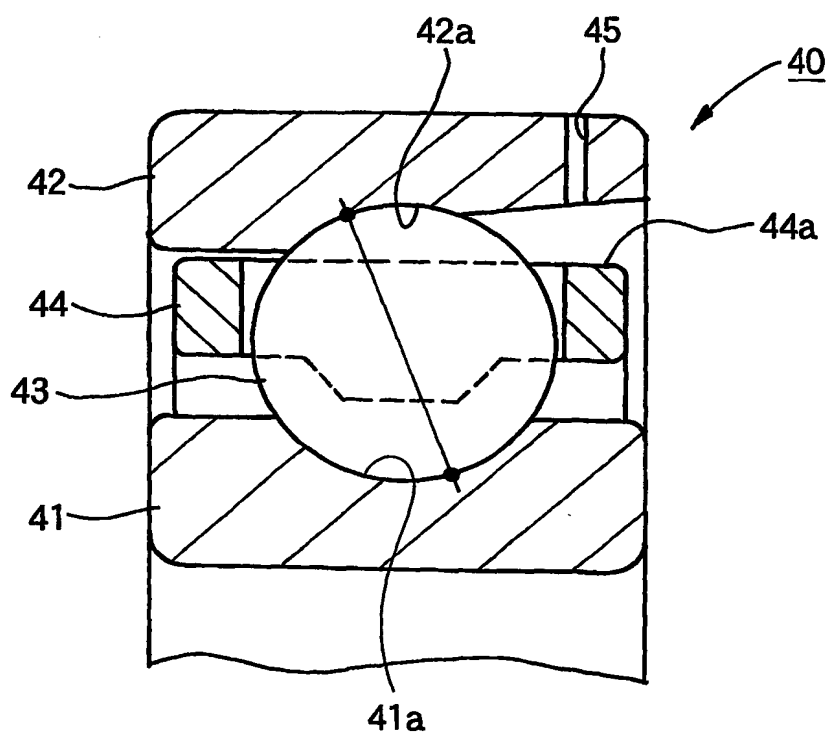


図 5

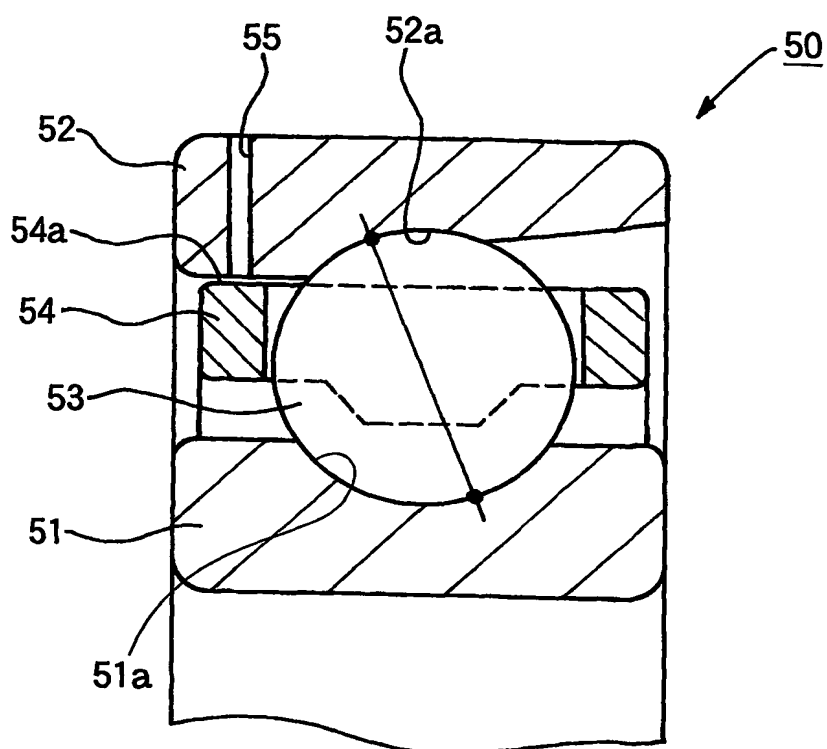


図 6

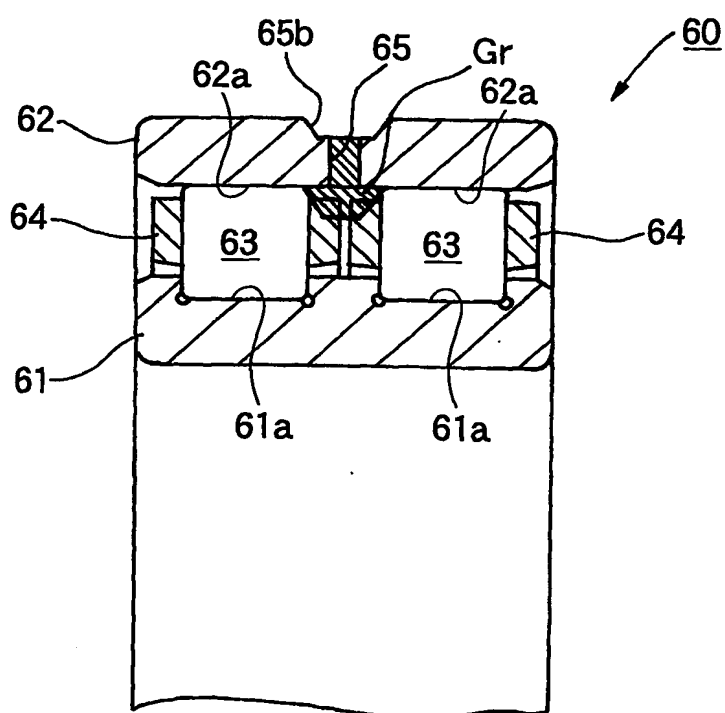


図 7

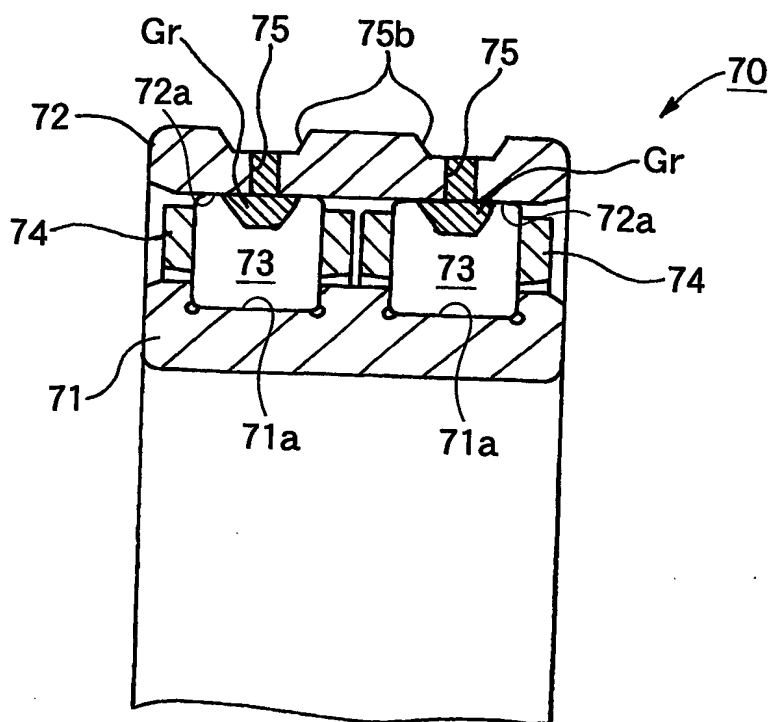


図 8

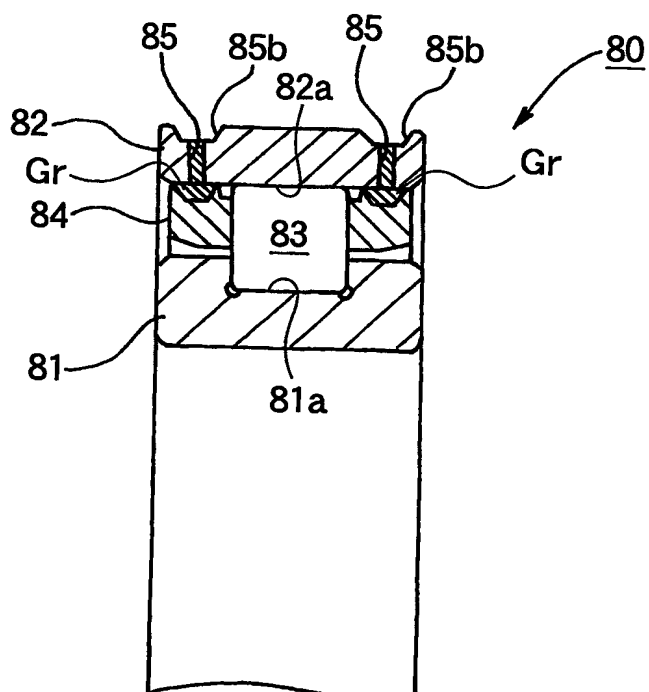


図 9

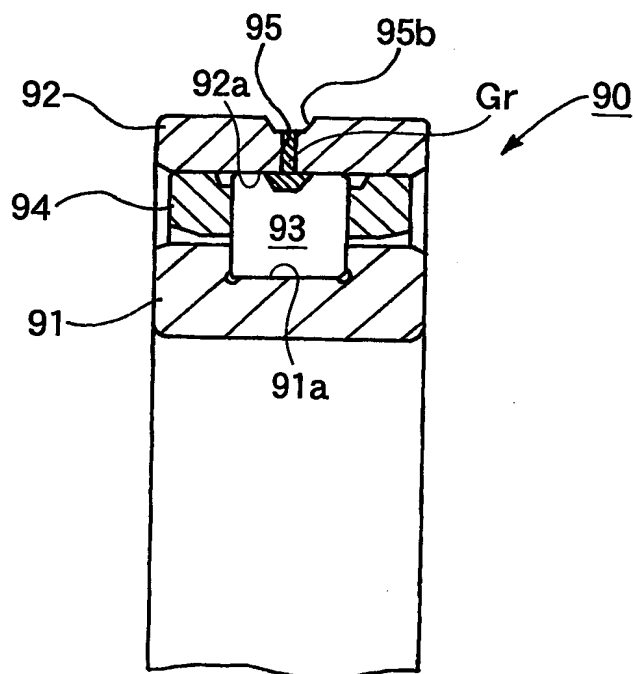


図 10

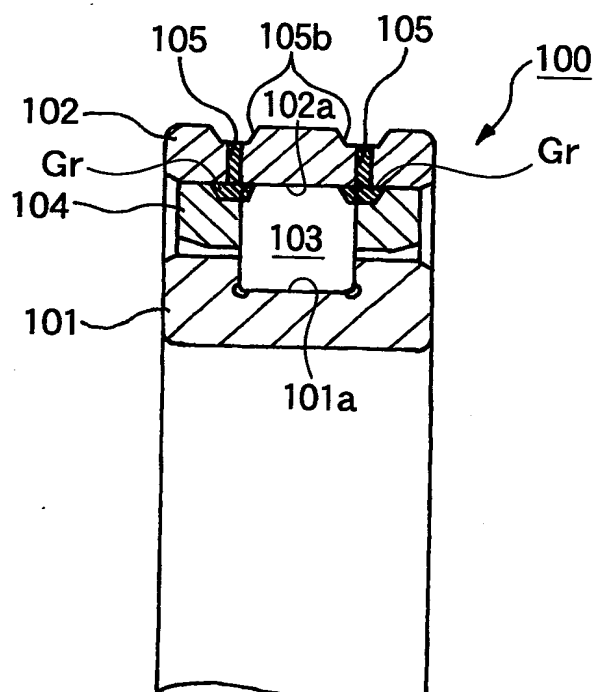


図 11

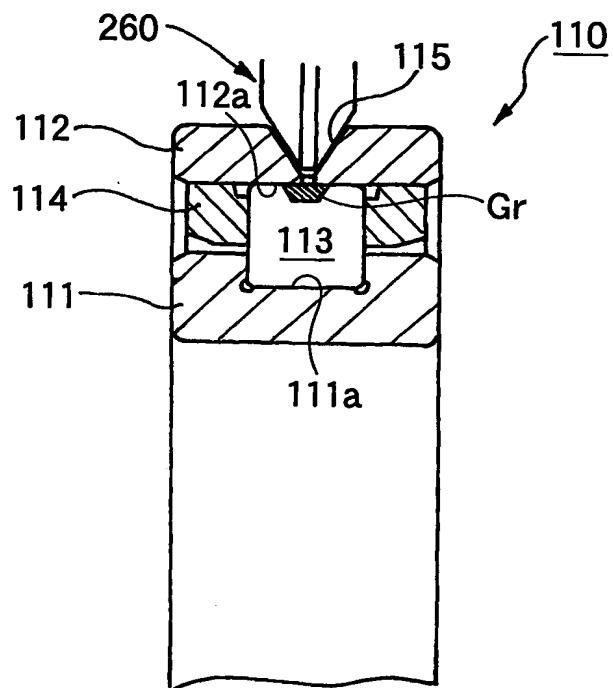


図 12

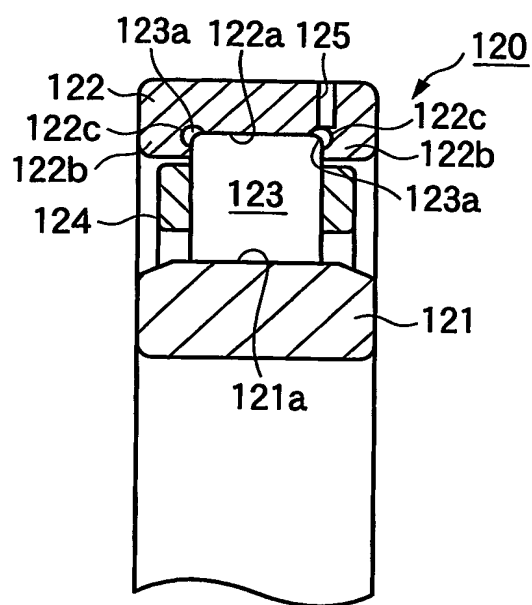


図 13

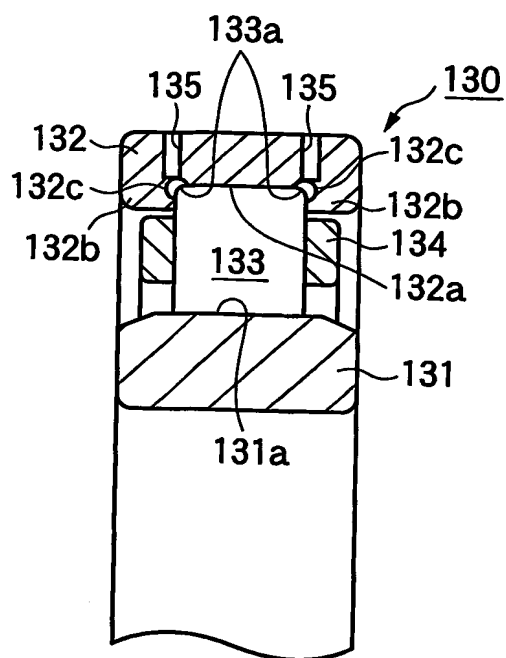


図 14

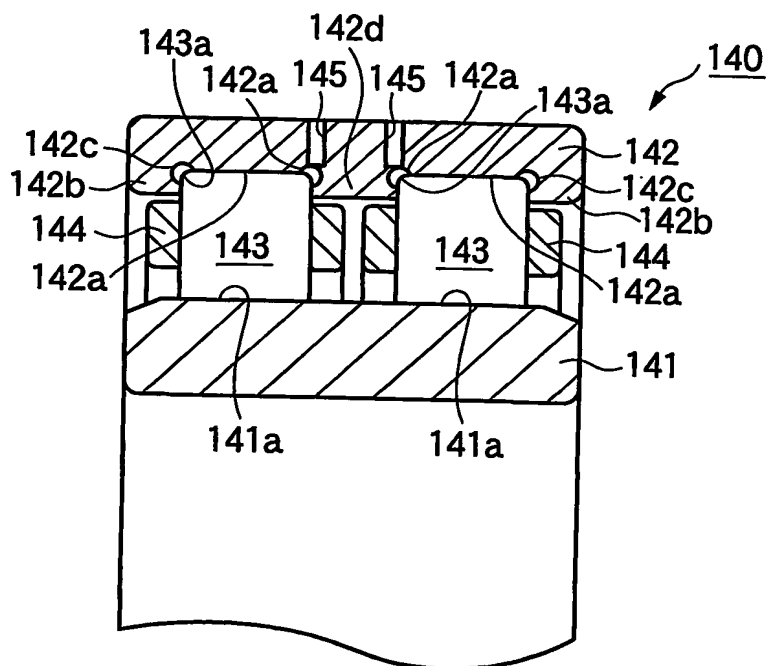






図 16

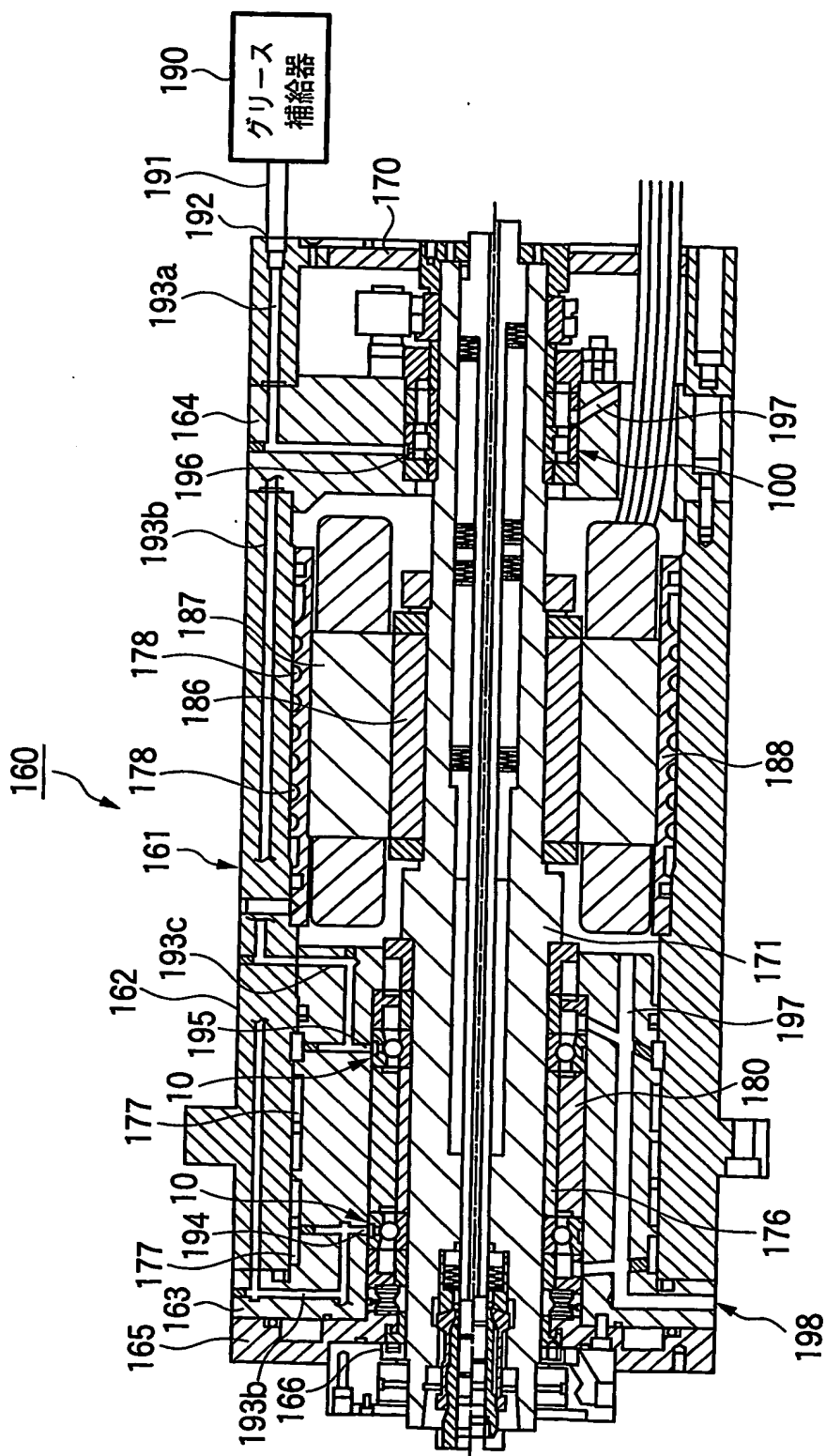


図 17

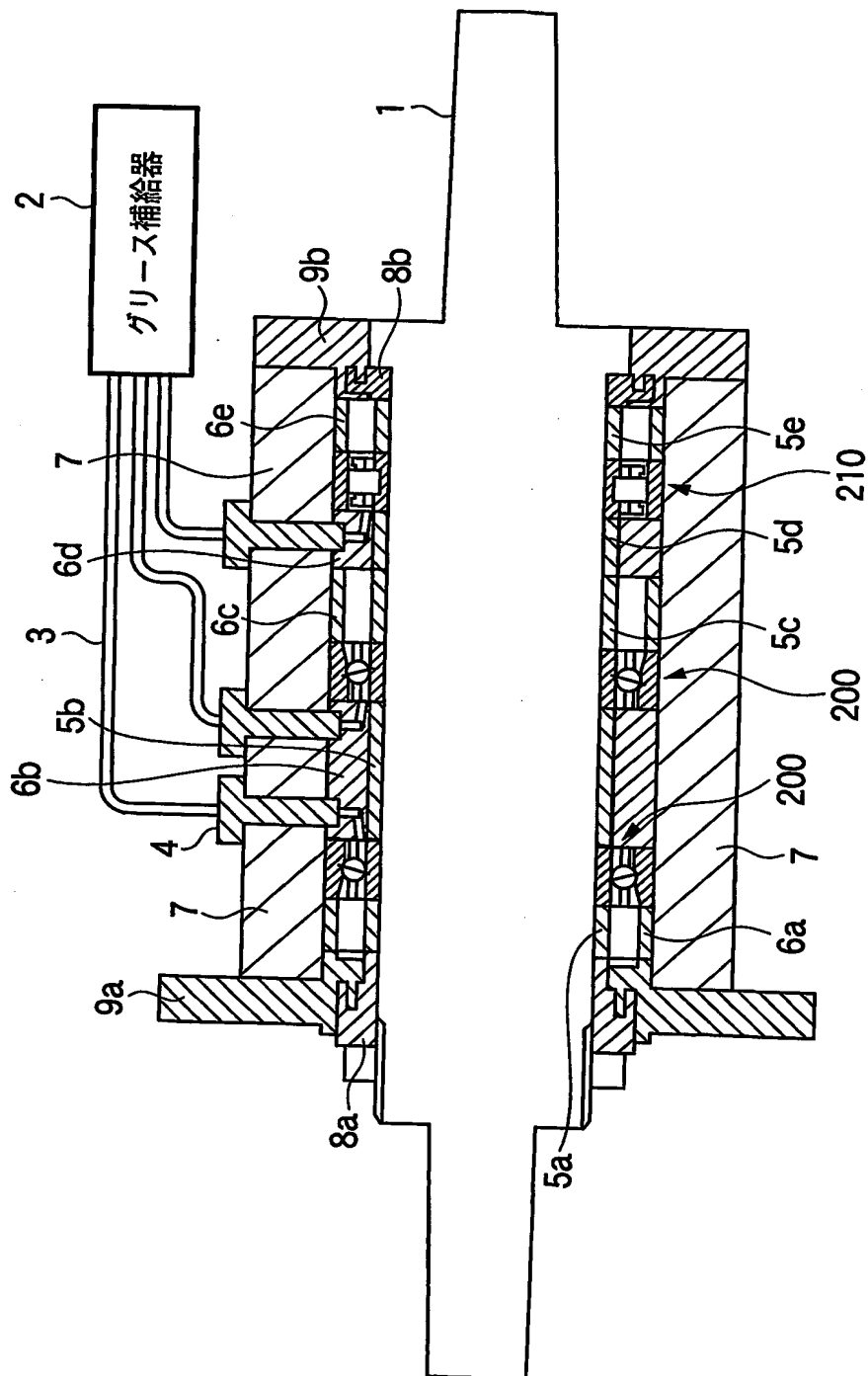


図 18

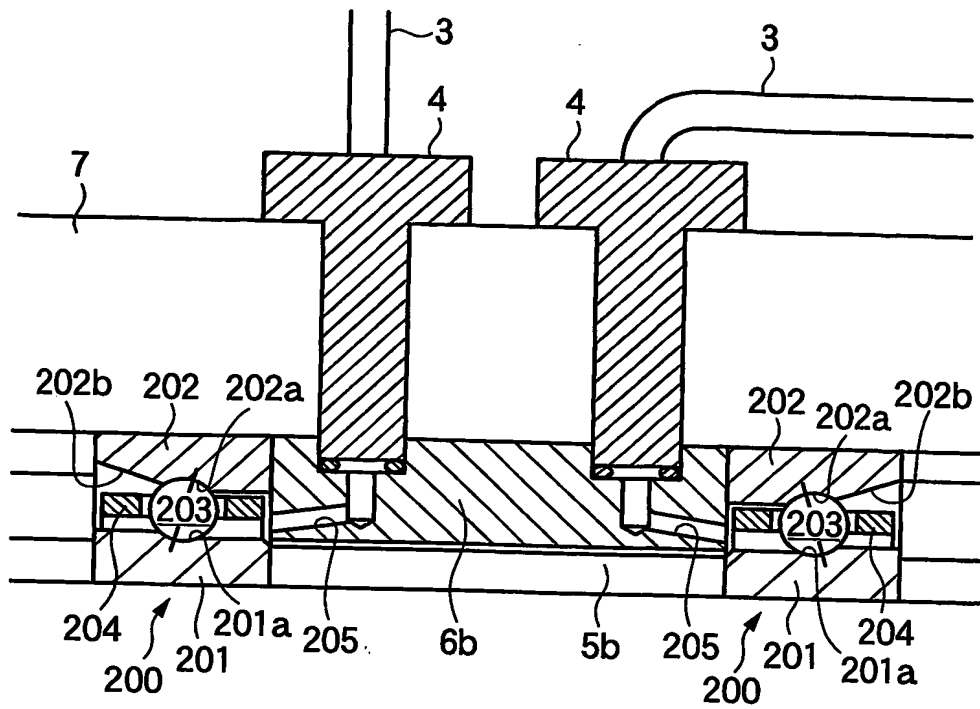


図 19

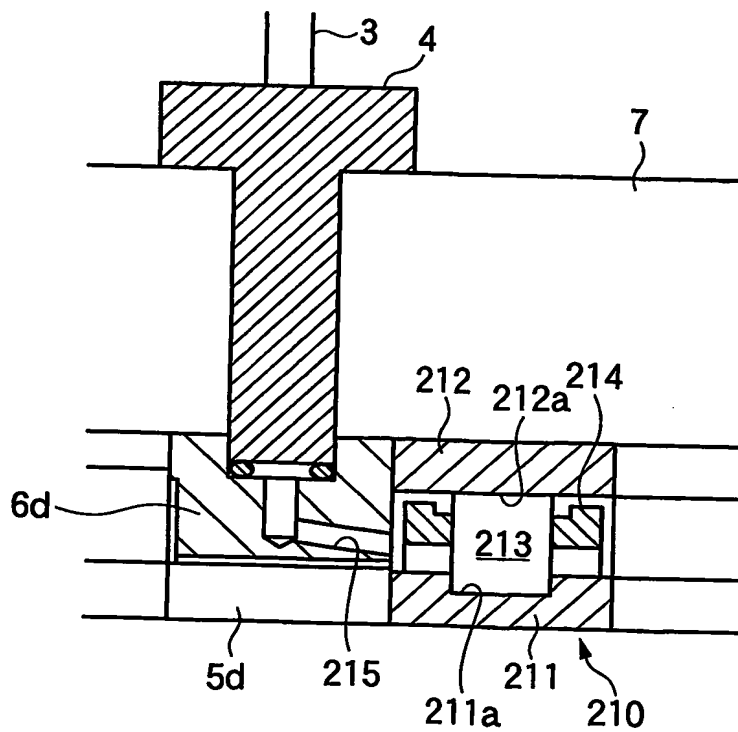


図 20

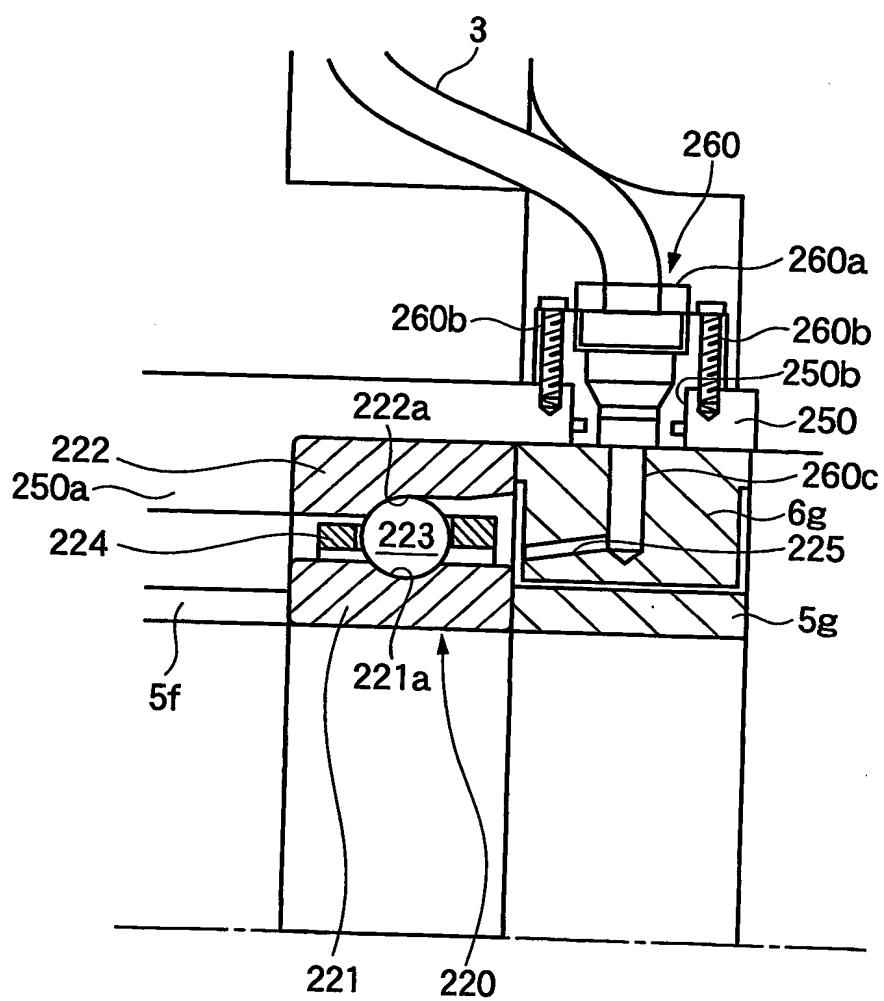


図 21

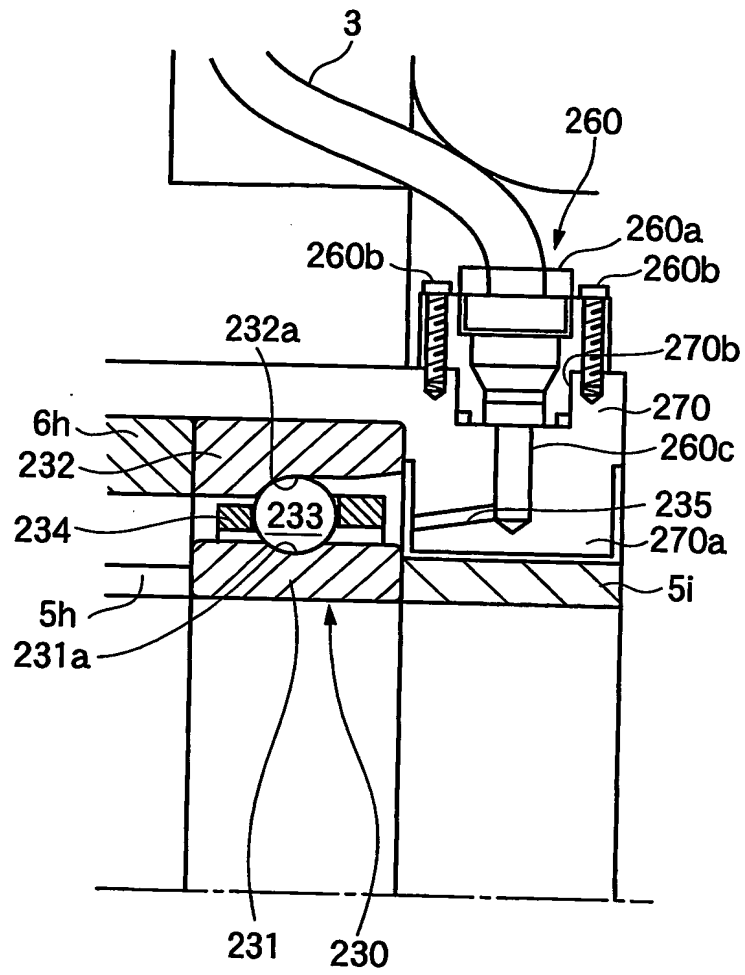


図 22

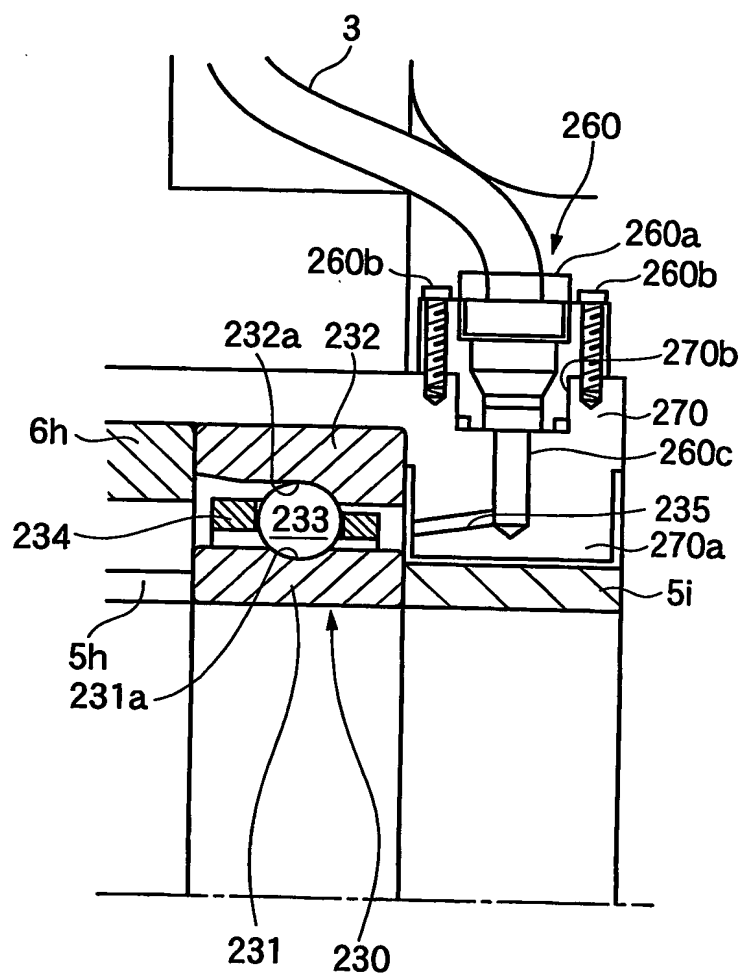








図 25

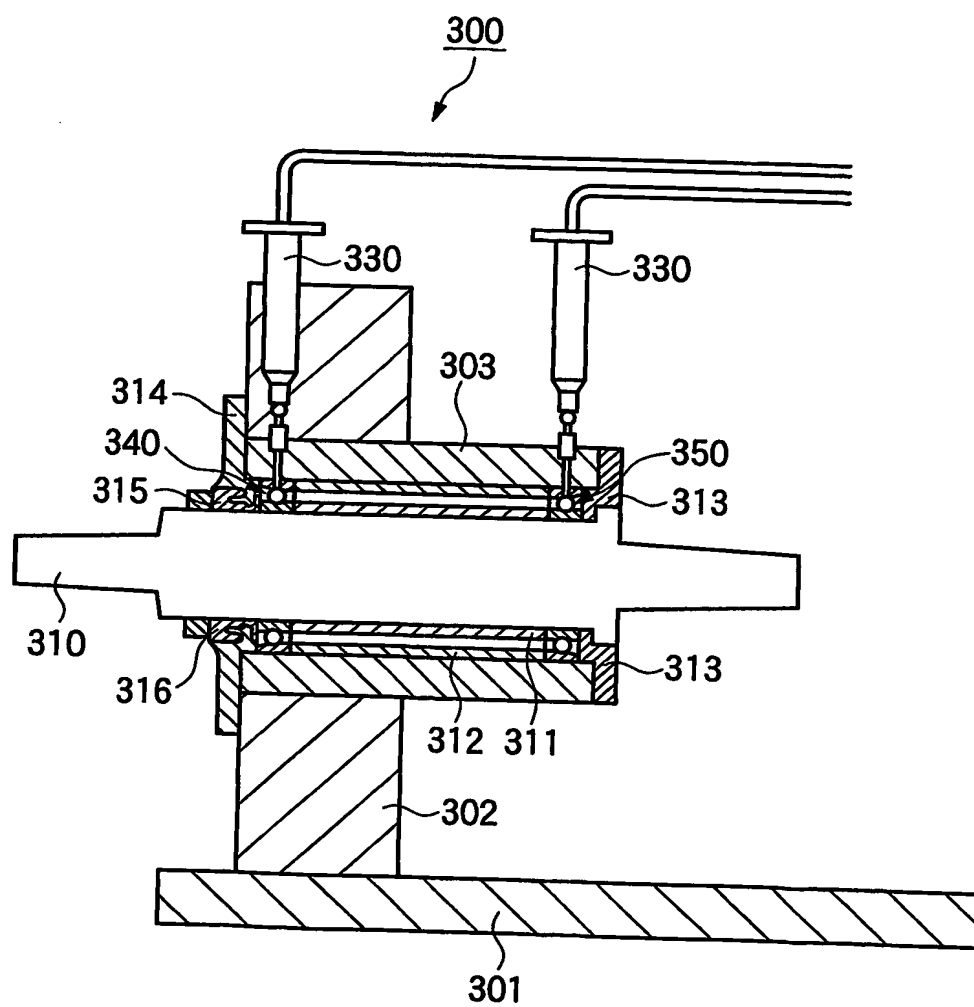


図 26

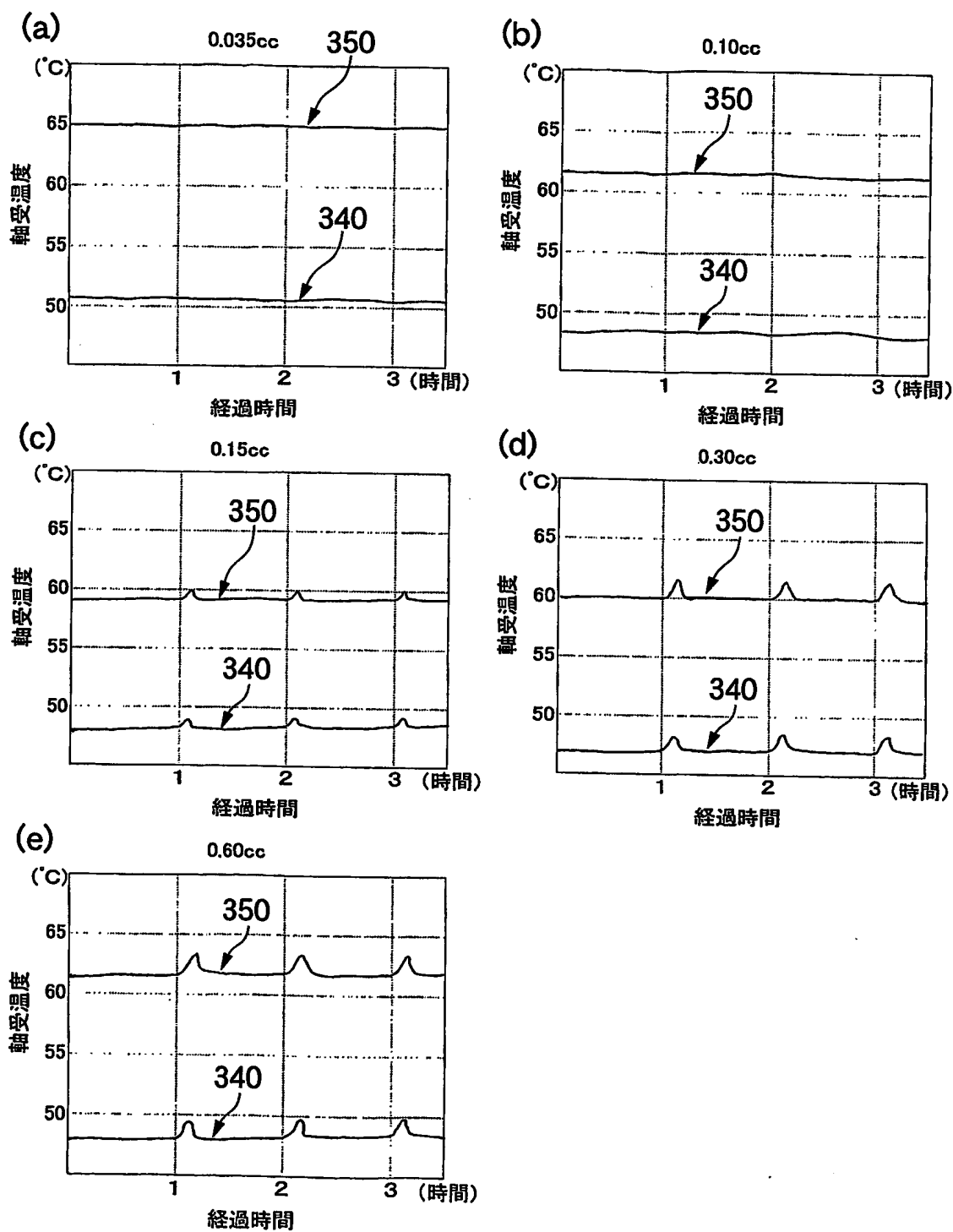


図 27

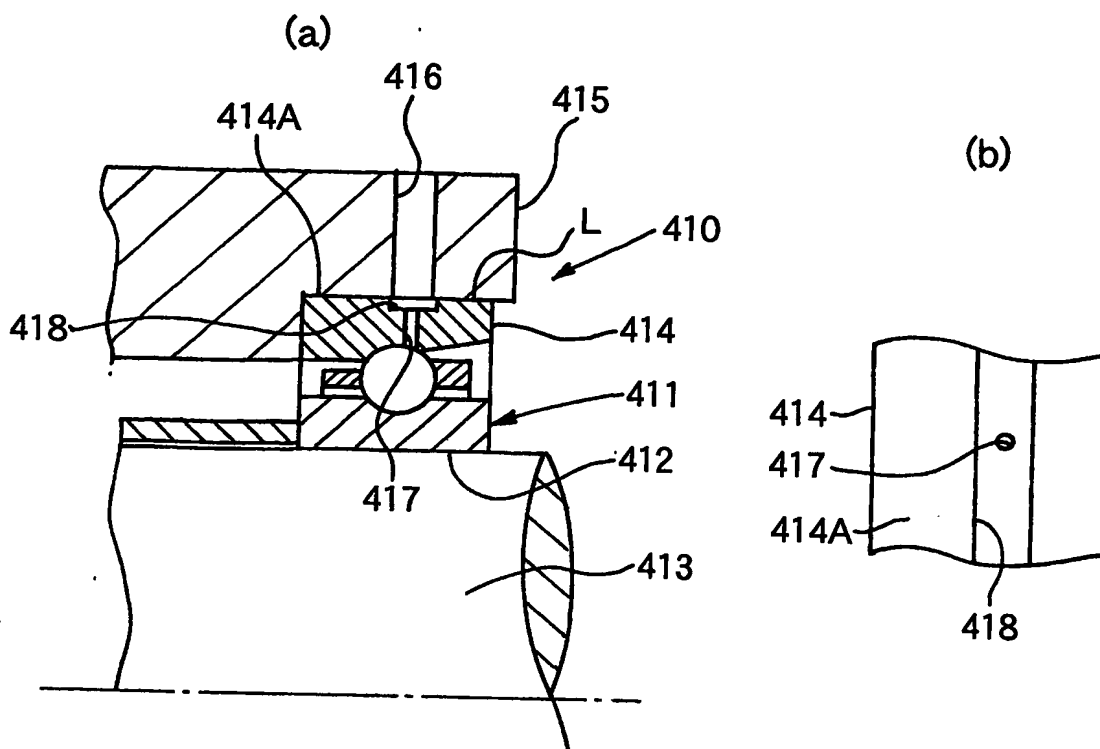


図 28

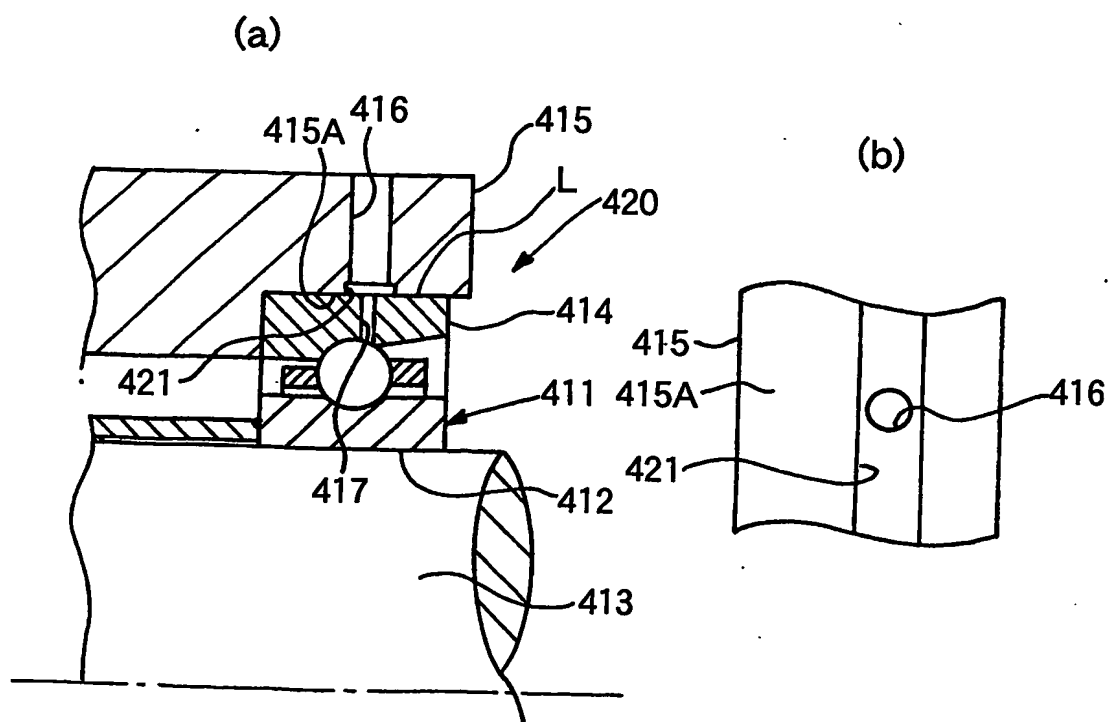


図 29

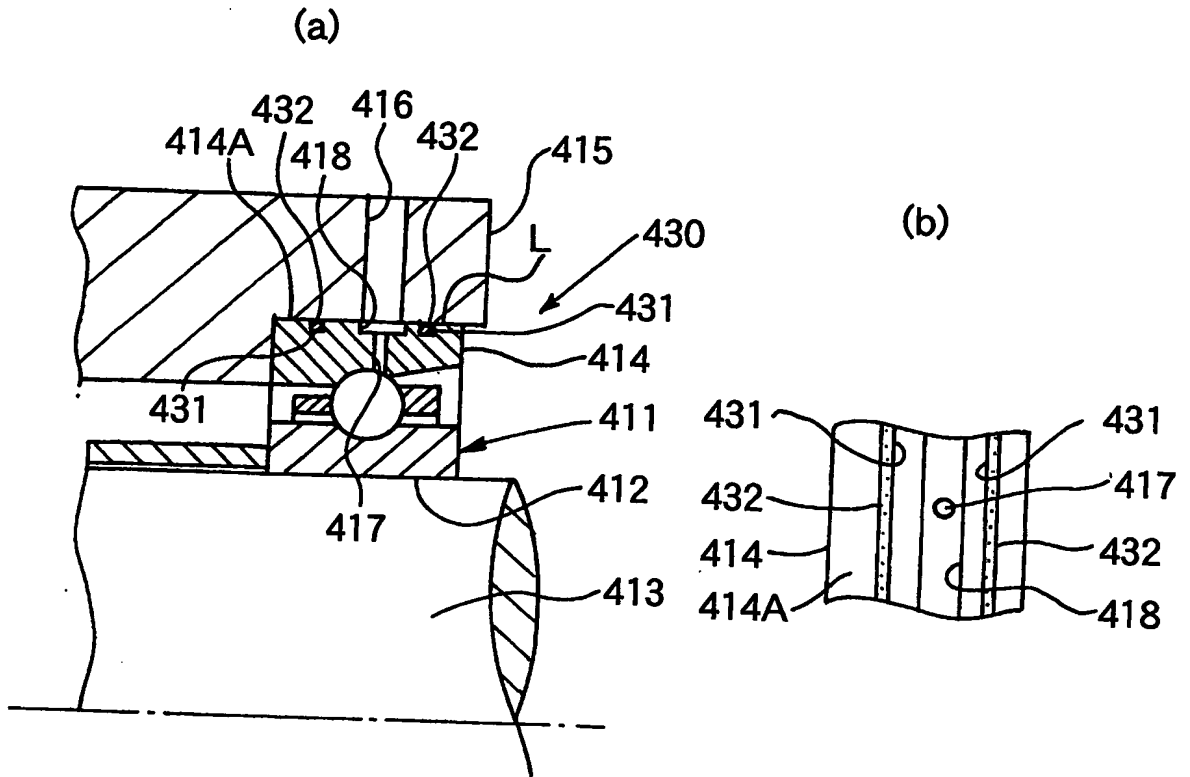


図 30

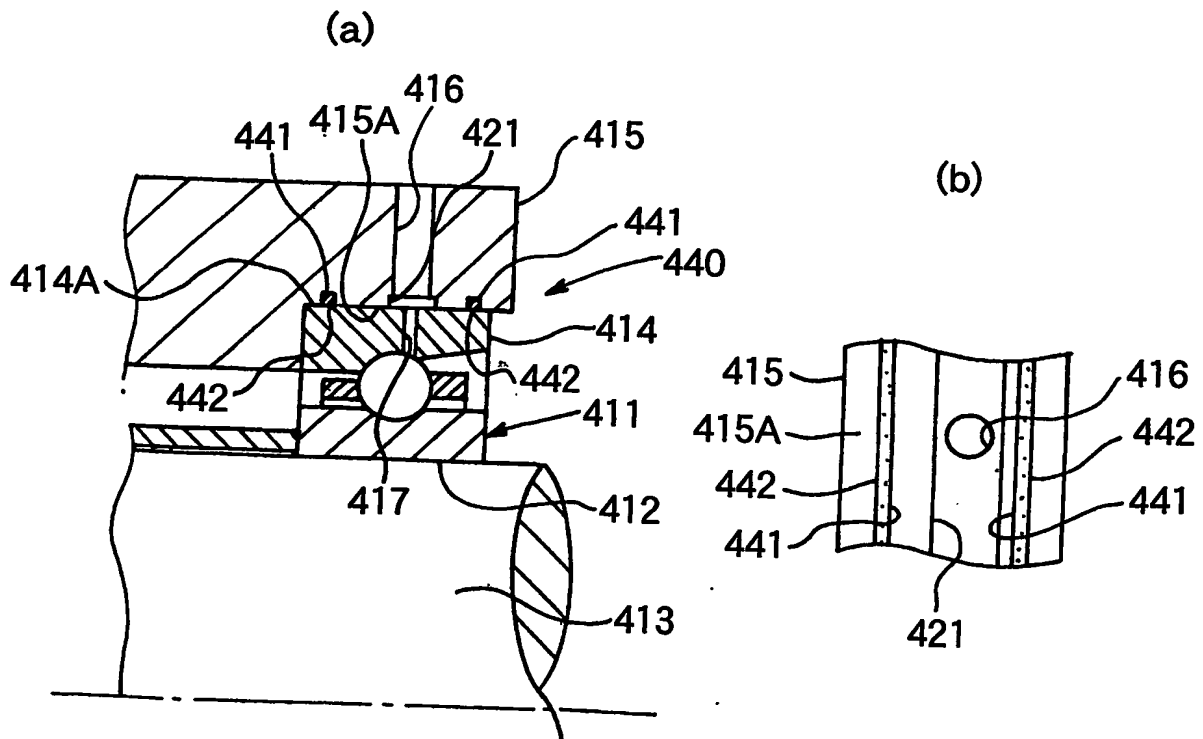


図 31

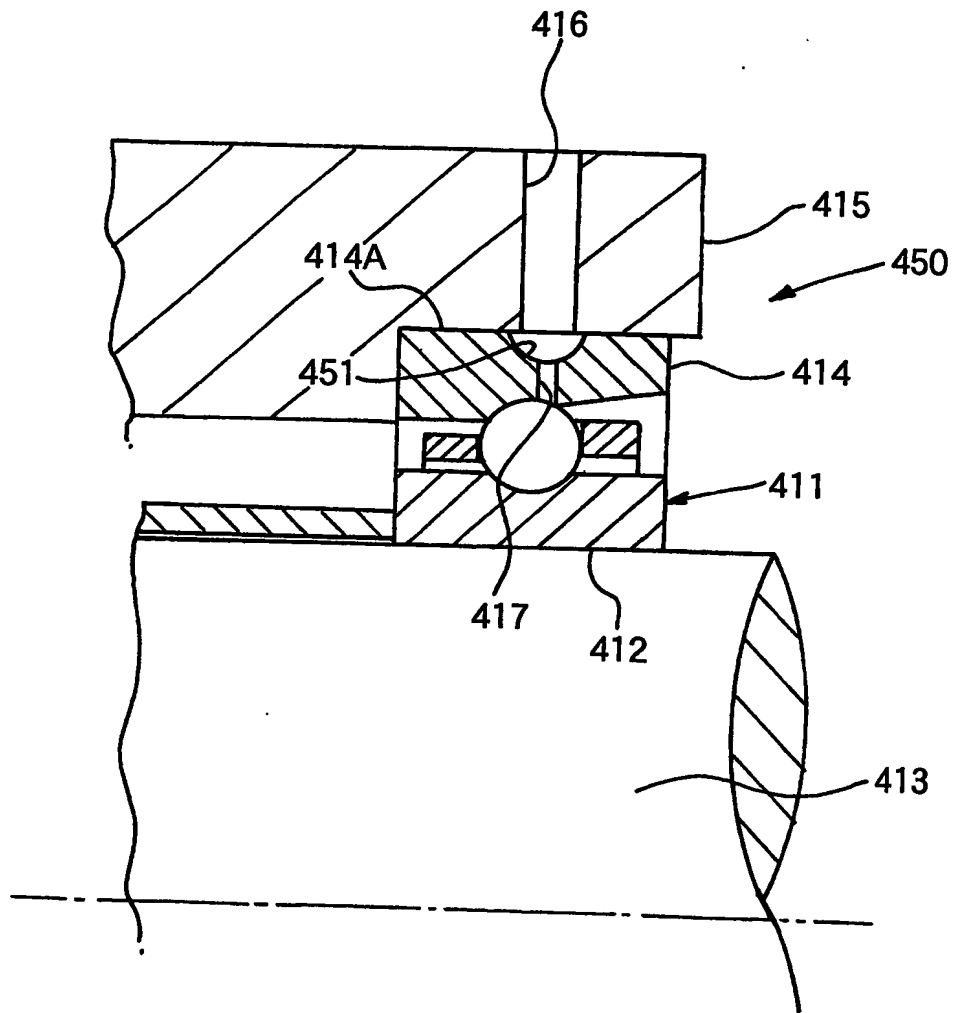


図 32

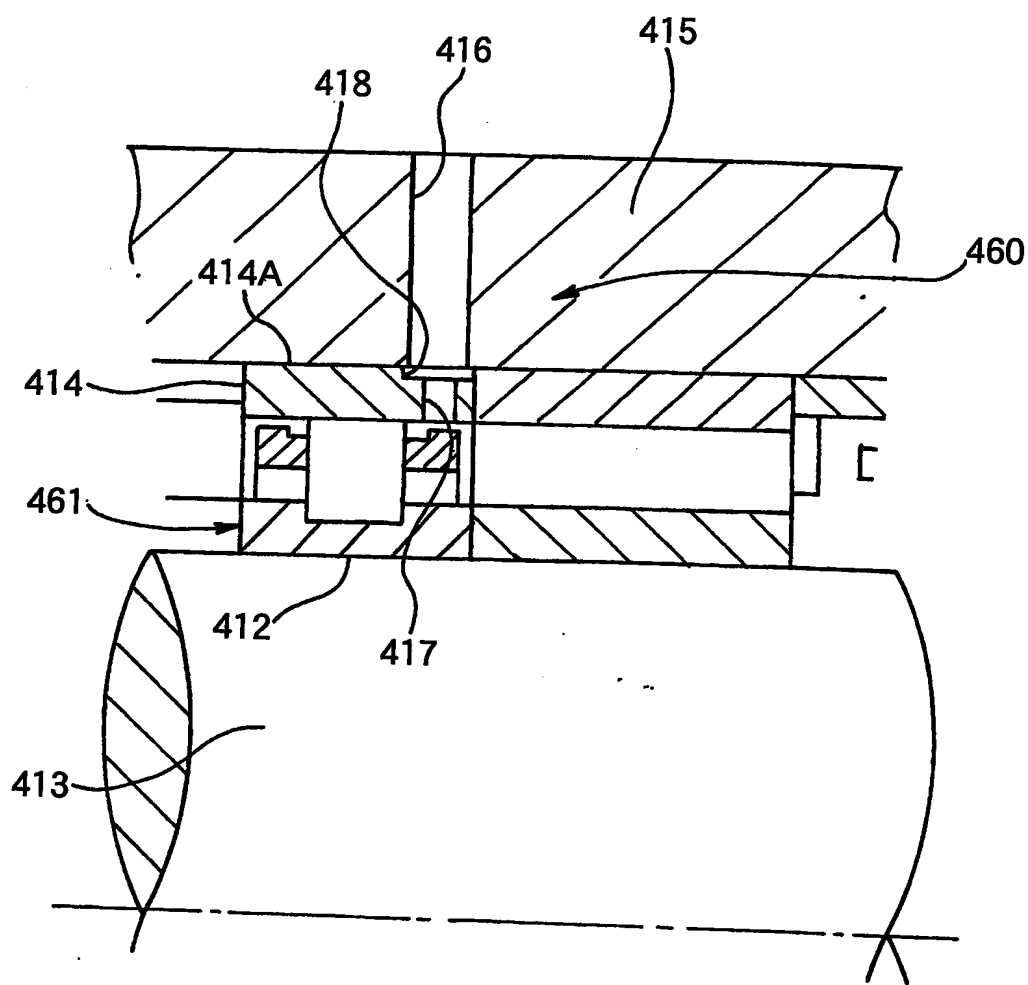


図 33

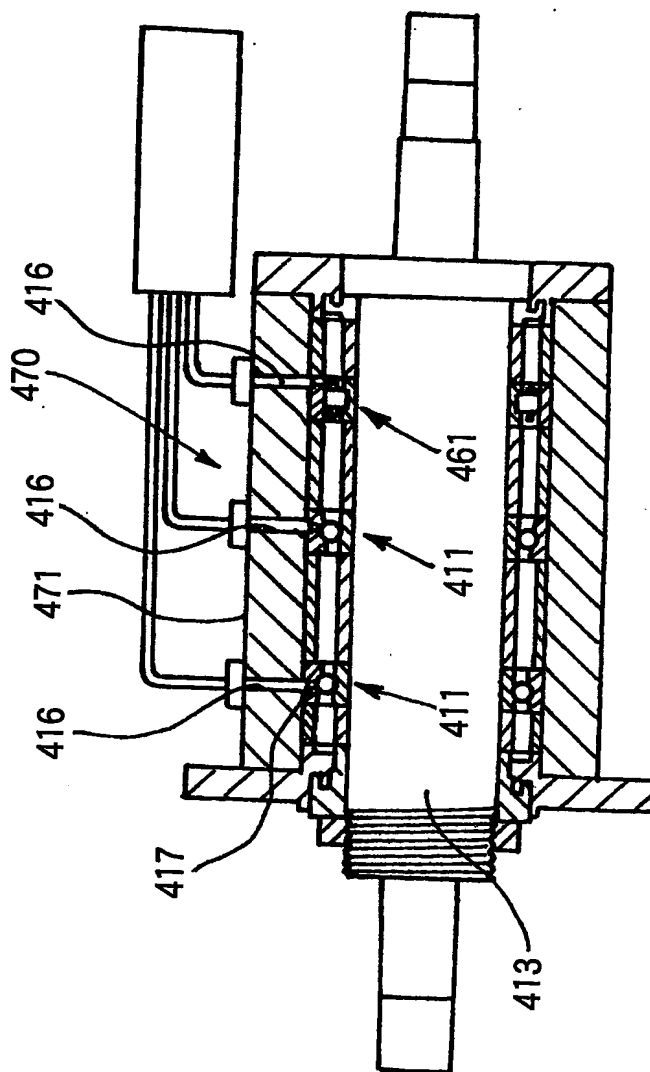




図 34

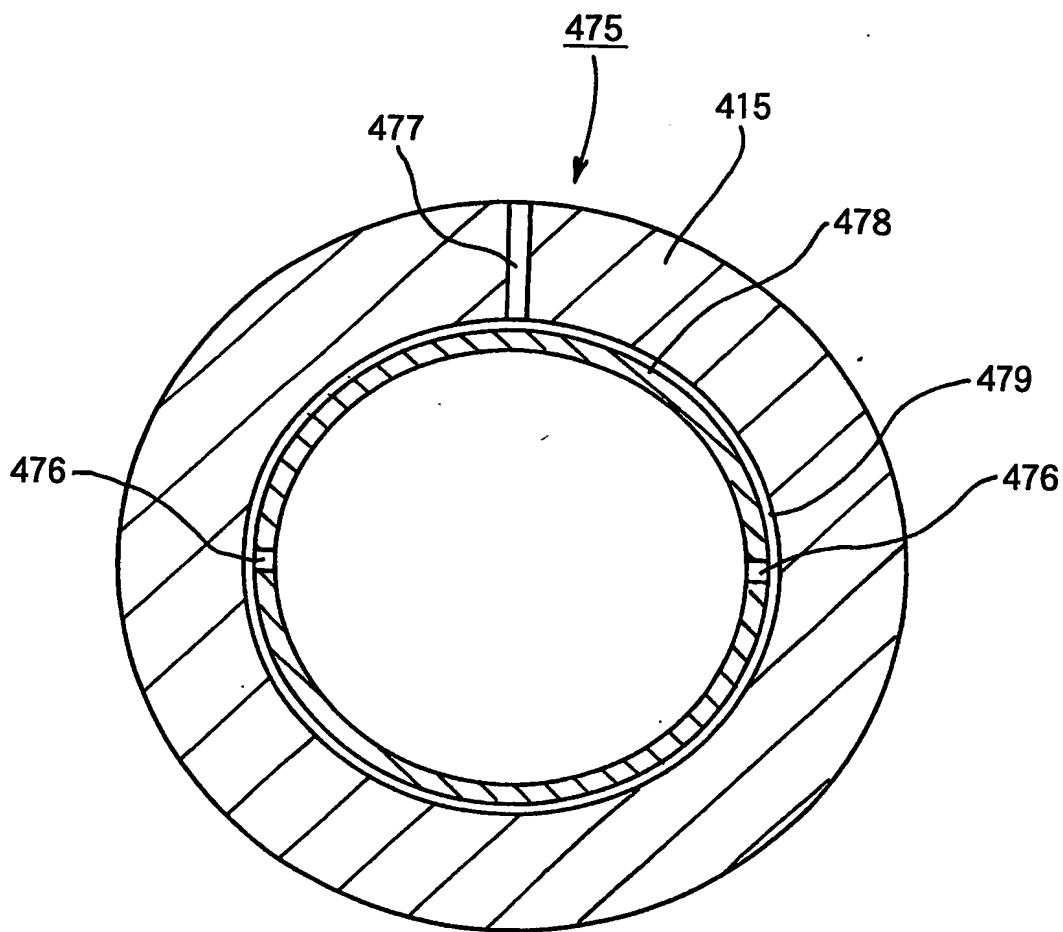


図 35

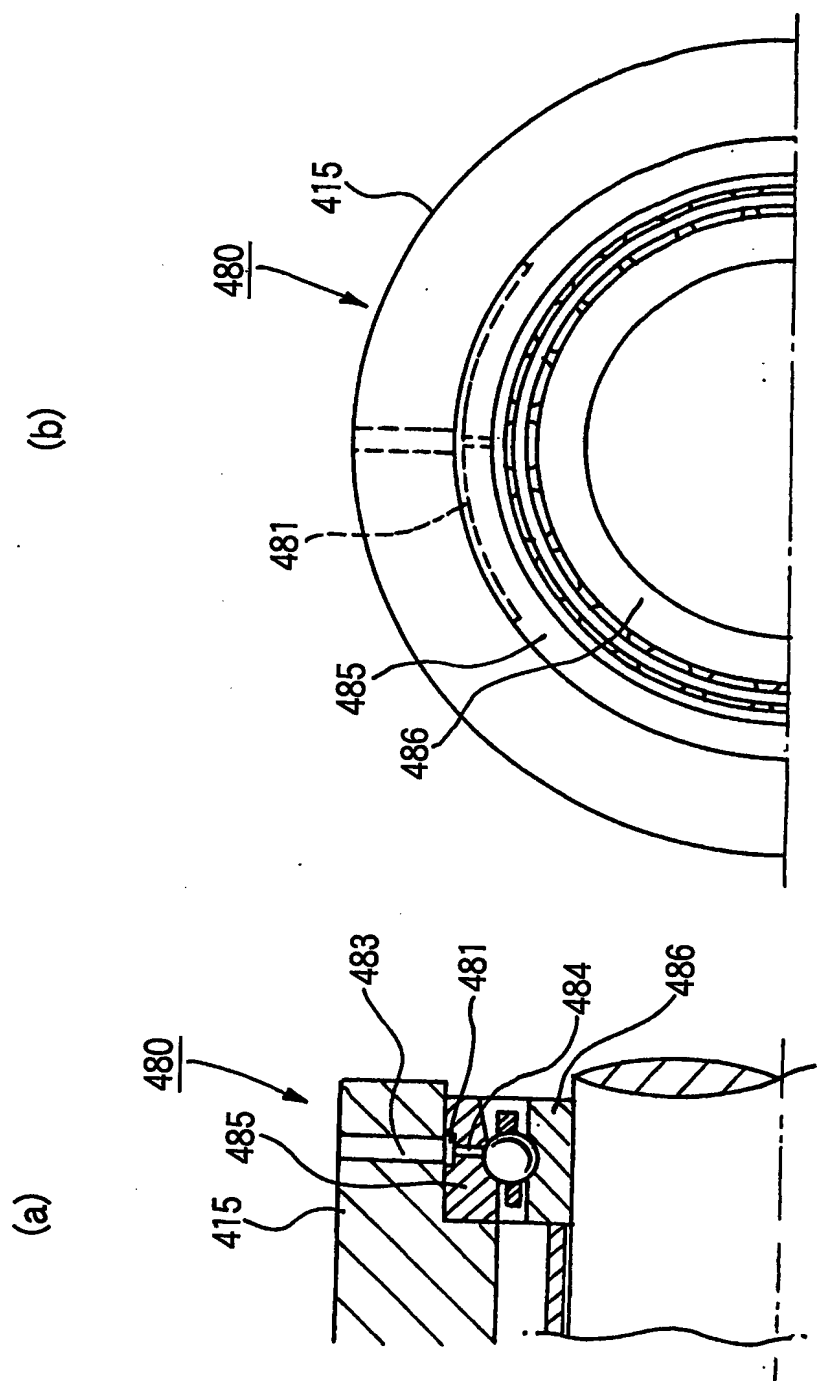


図 36

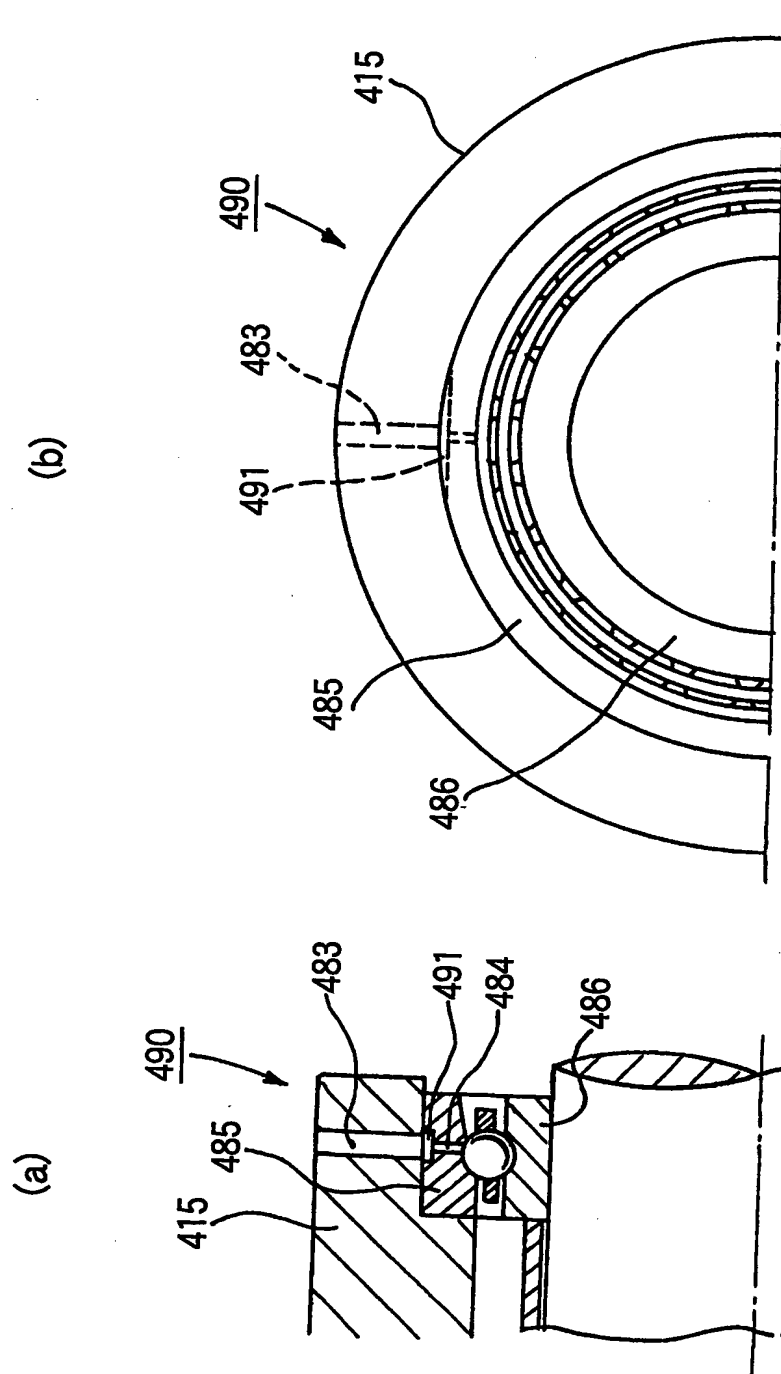


図 37

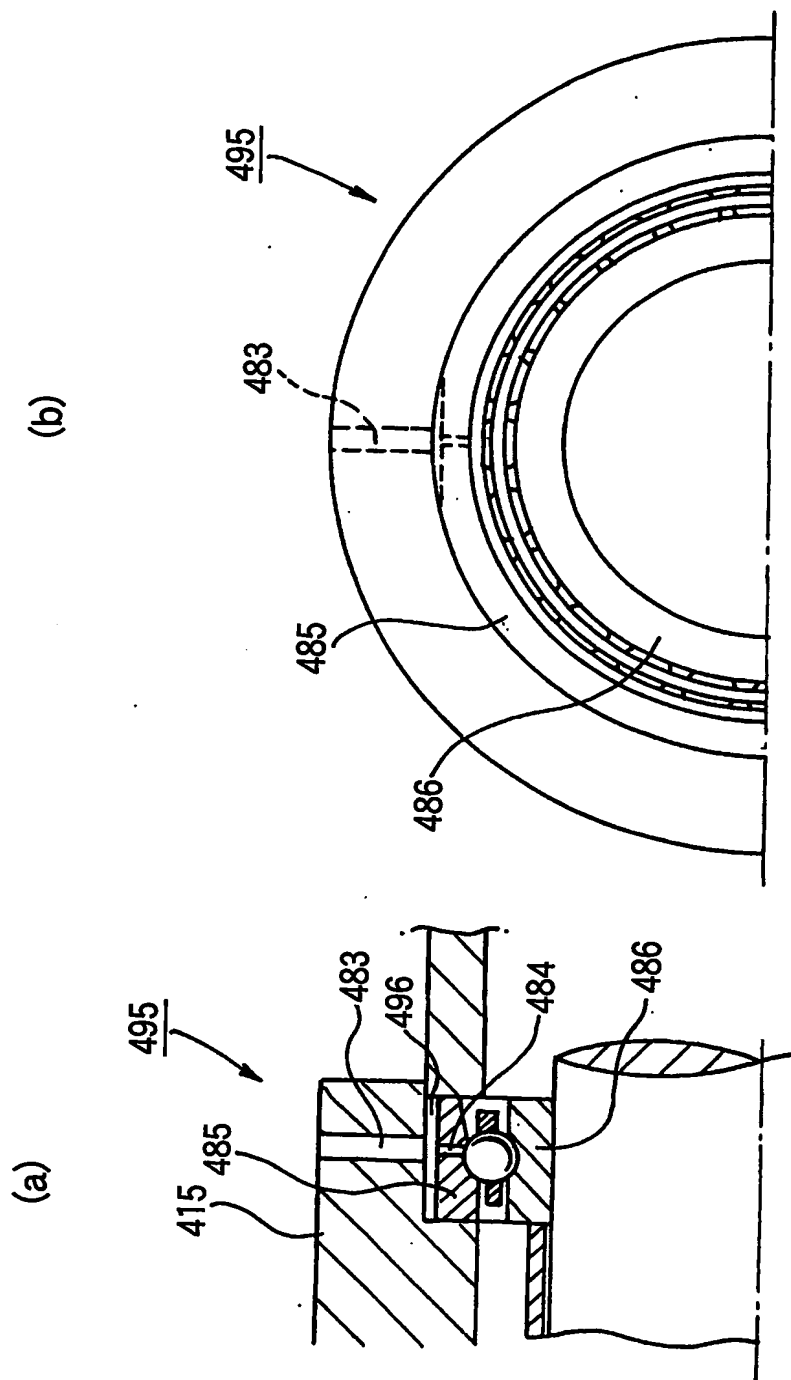


図 38

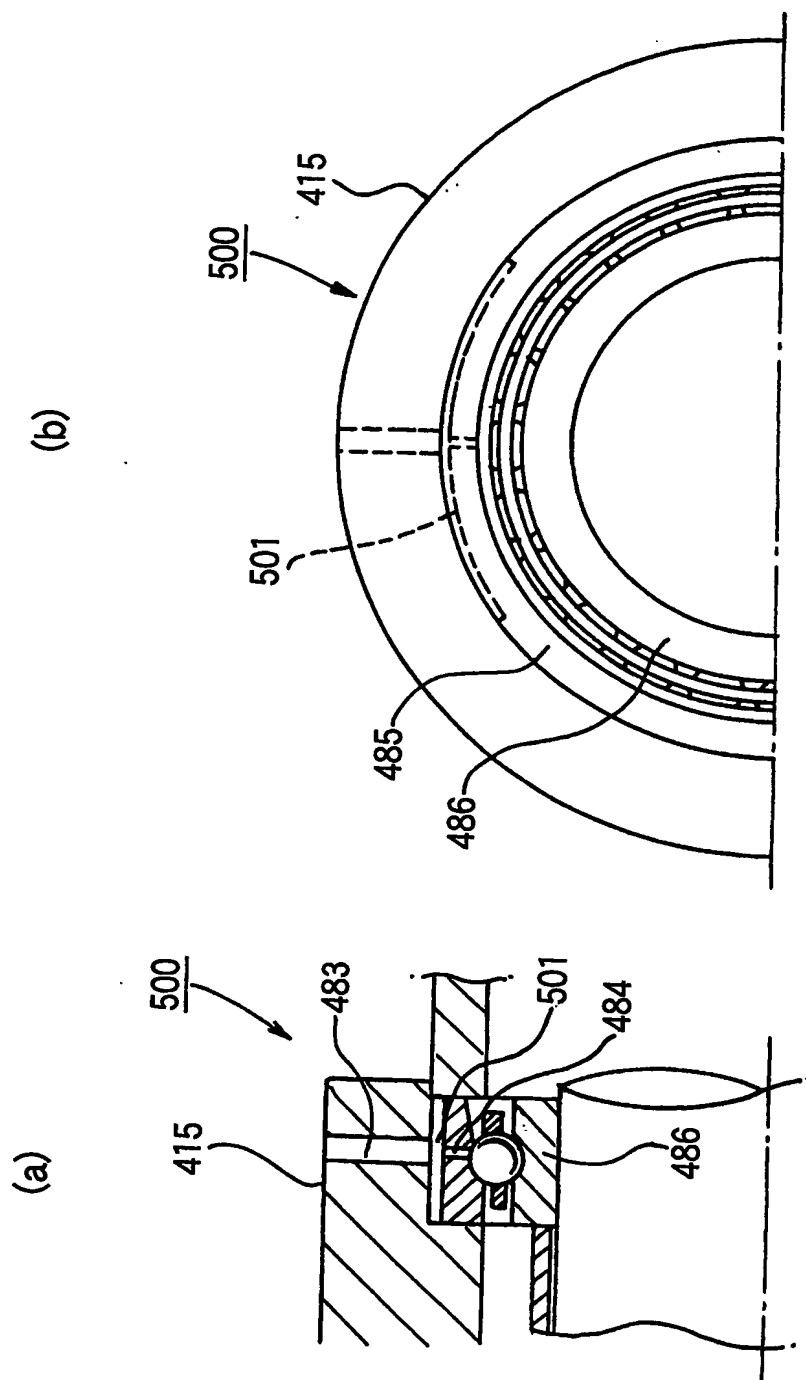


図 39

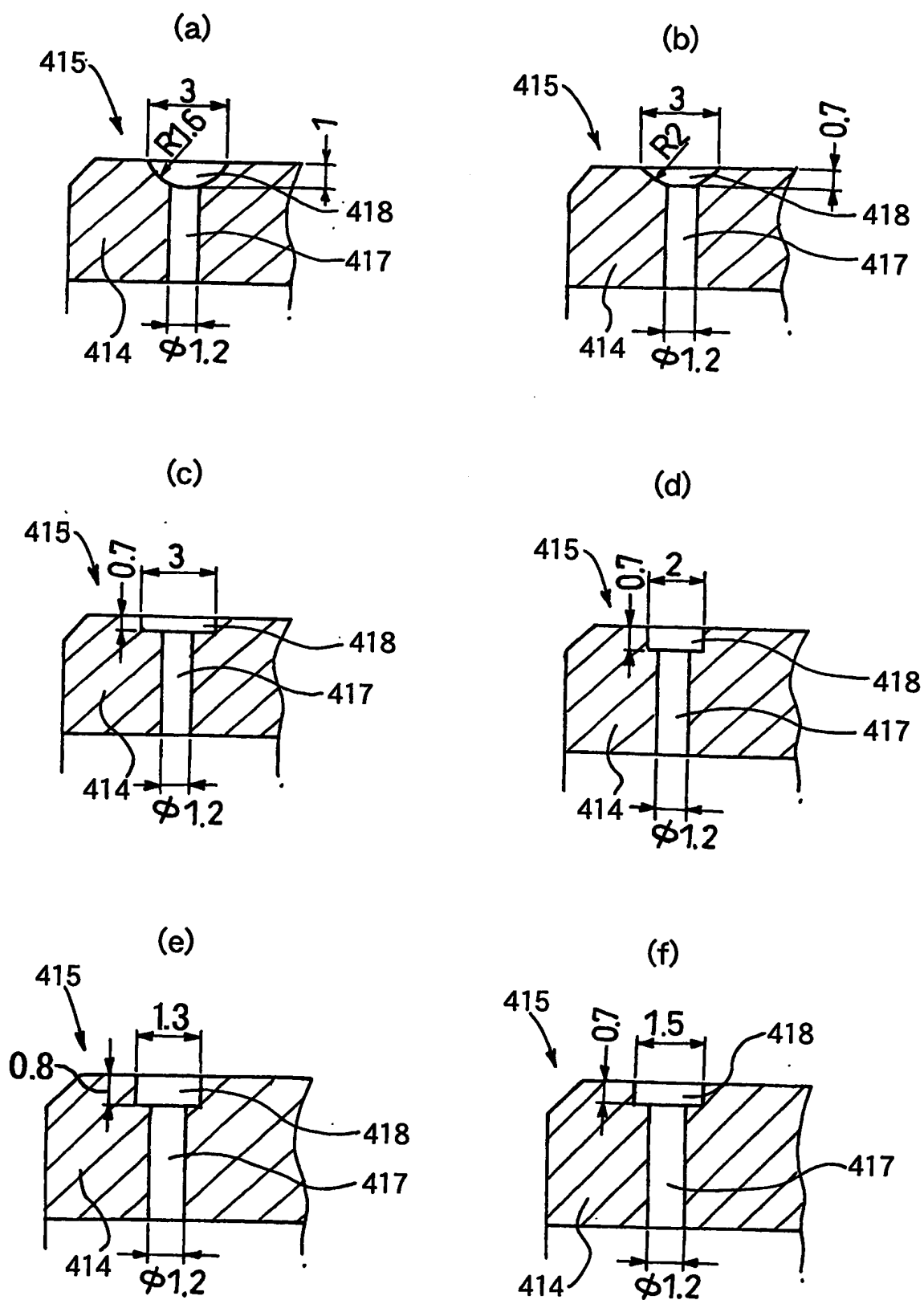


図 40

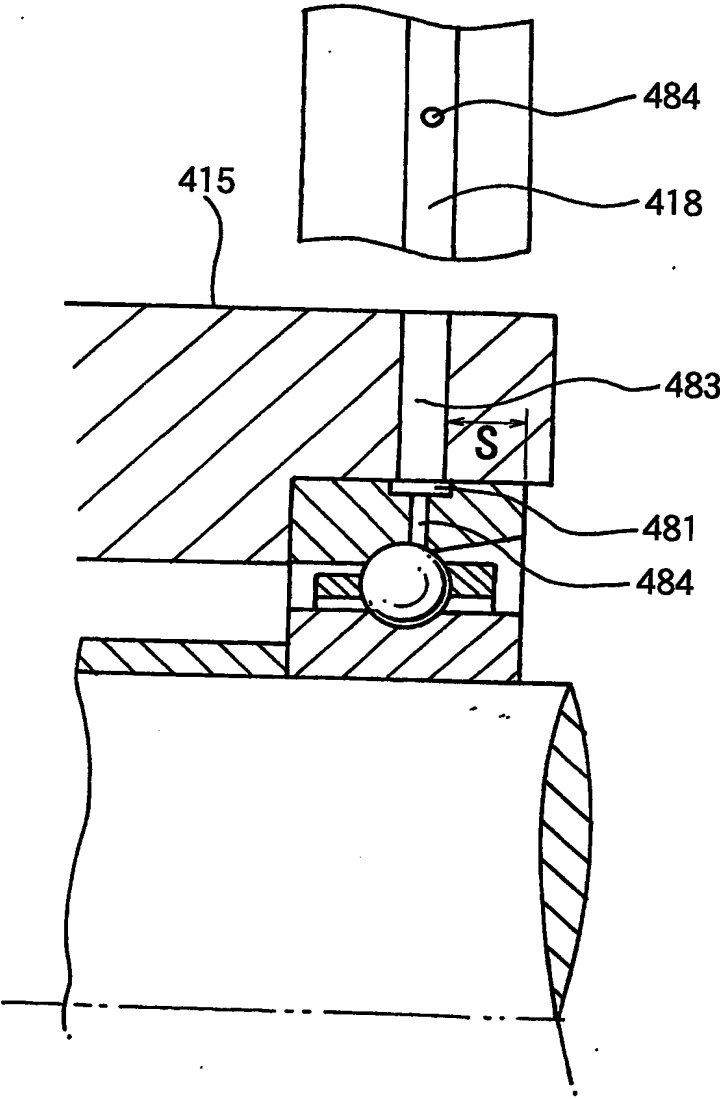


図 41

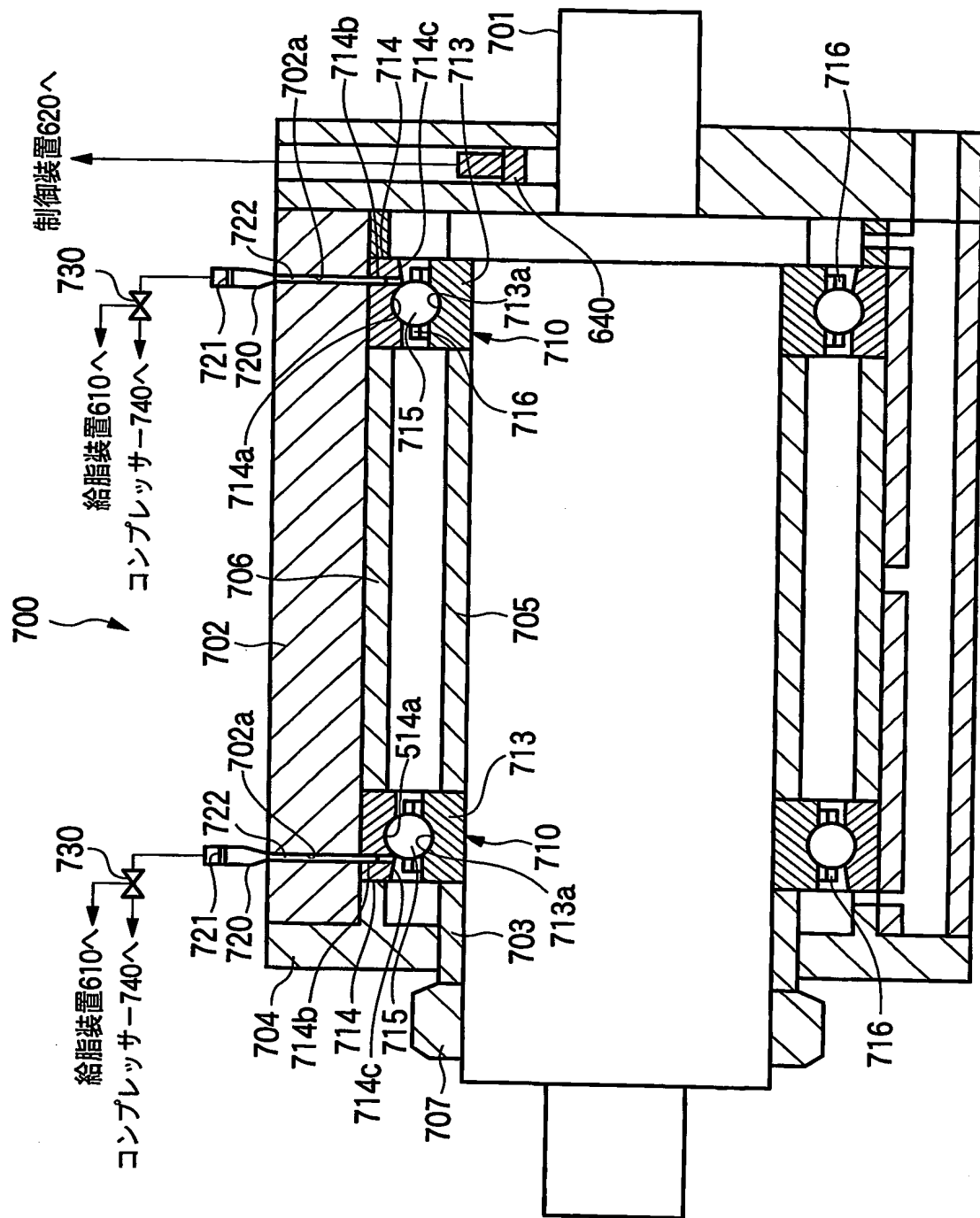




図 42

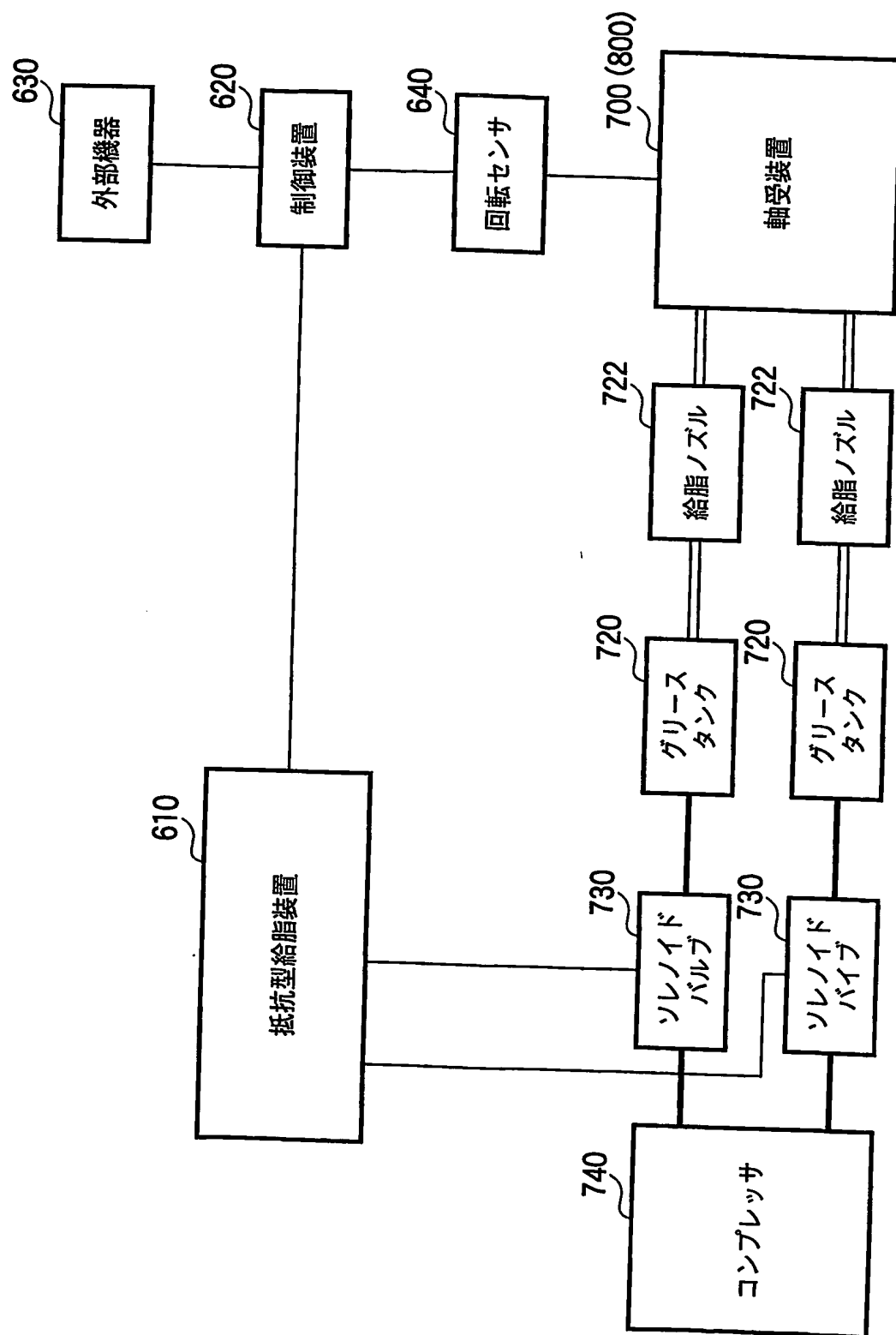


図 43

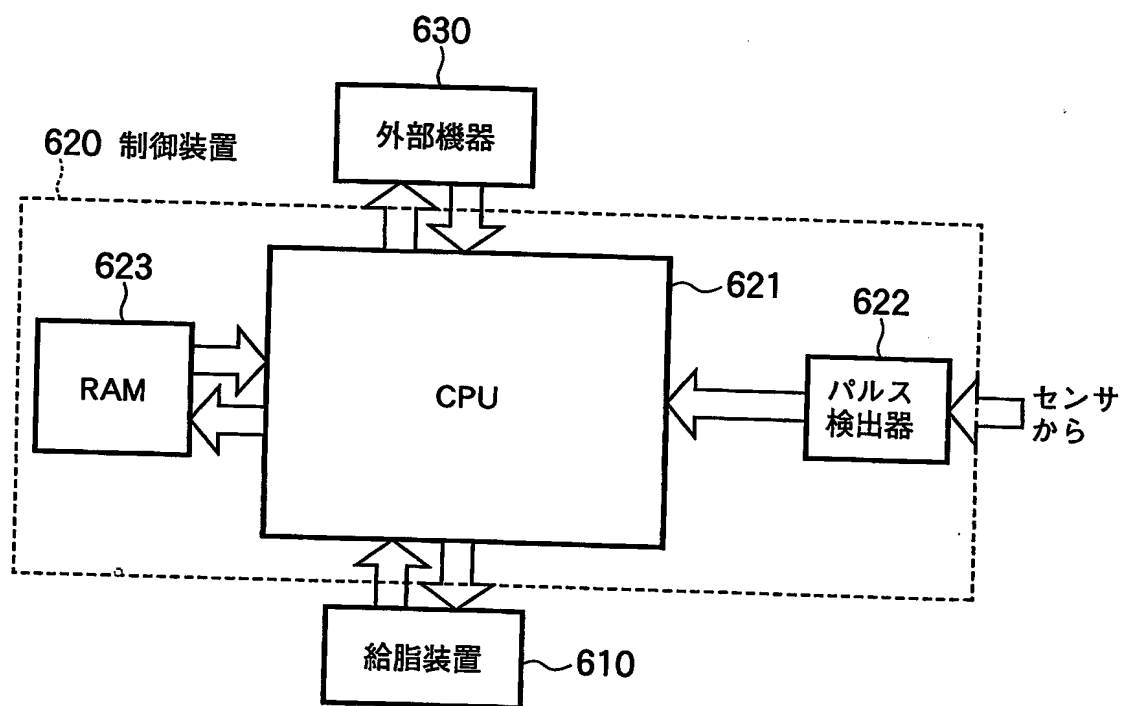


図 44

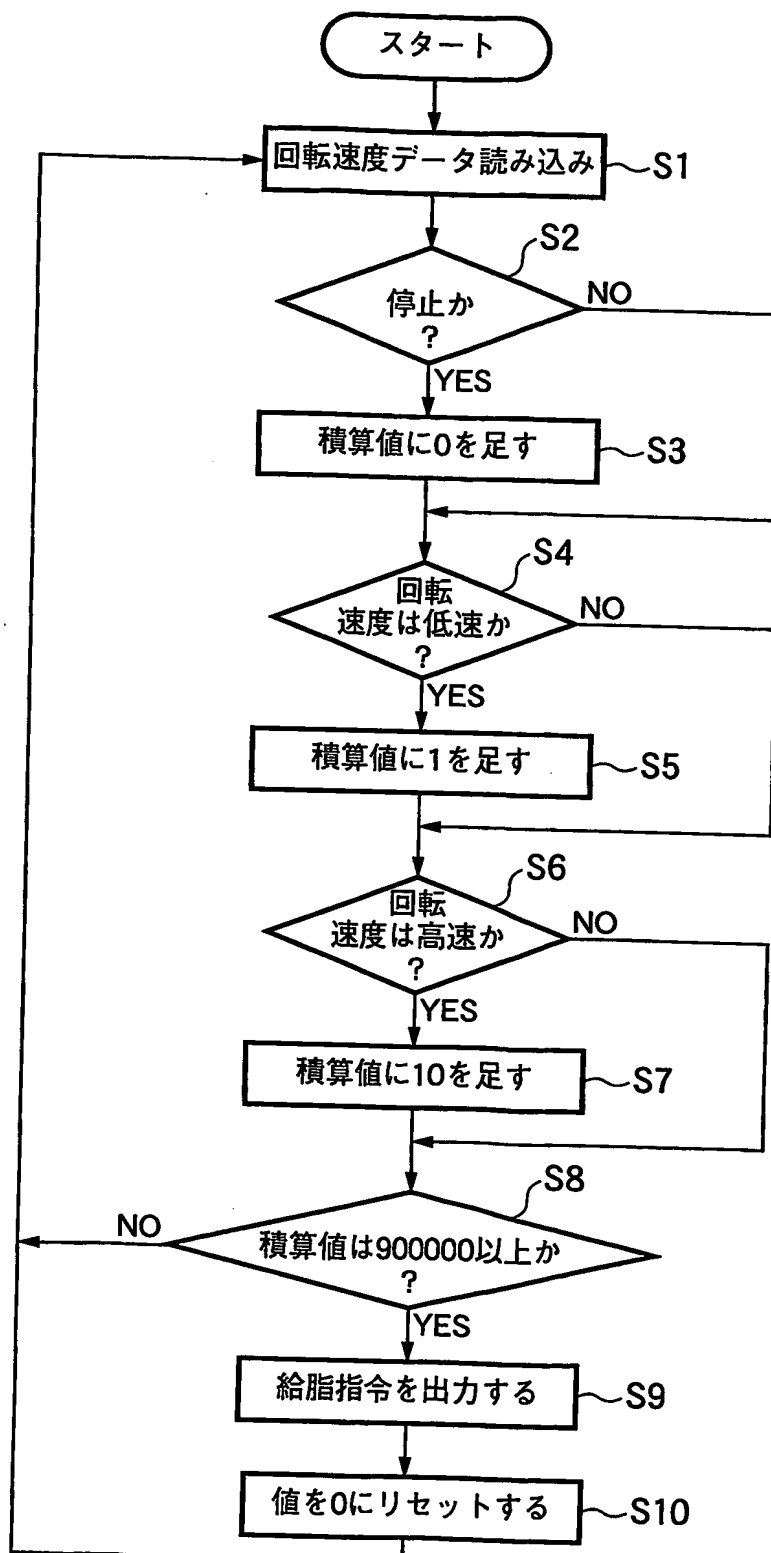


図 45

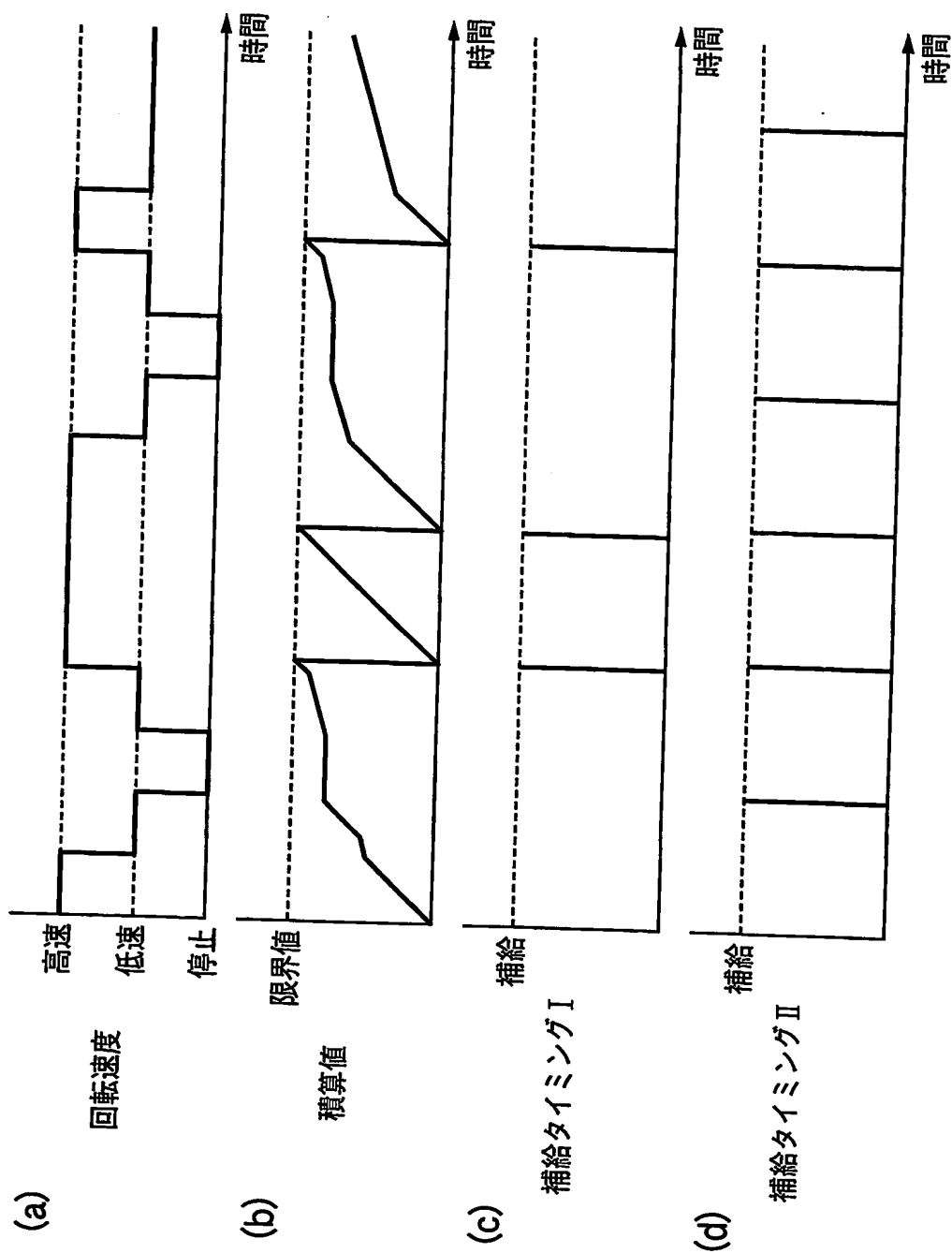


図 46

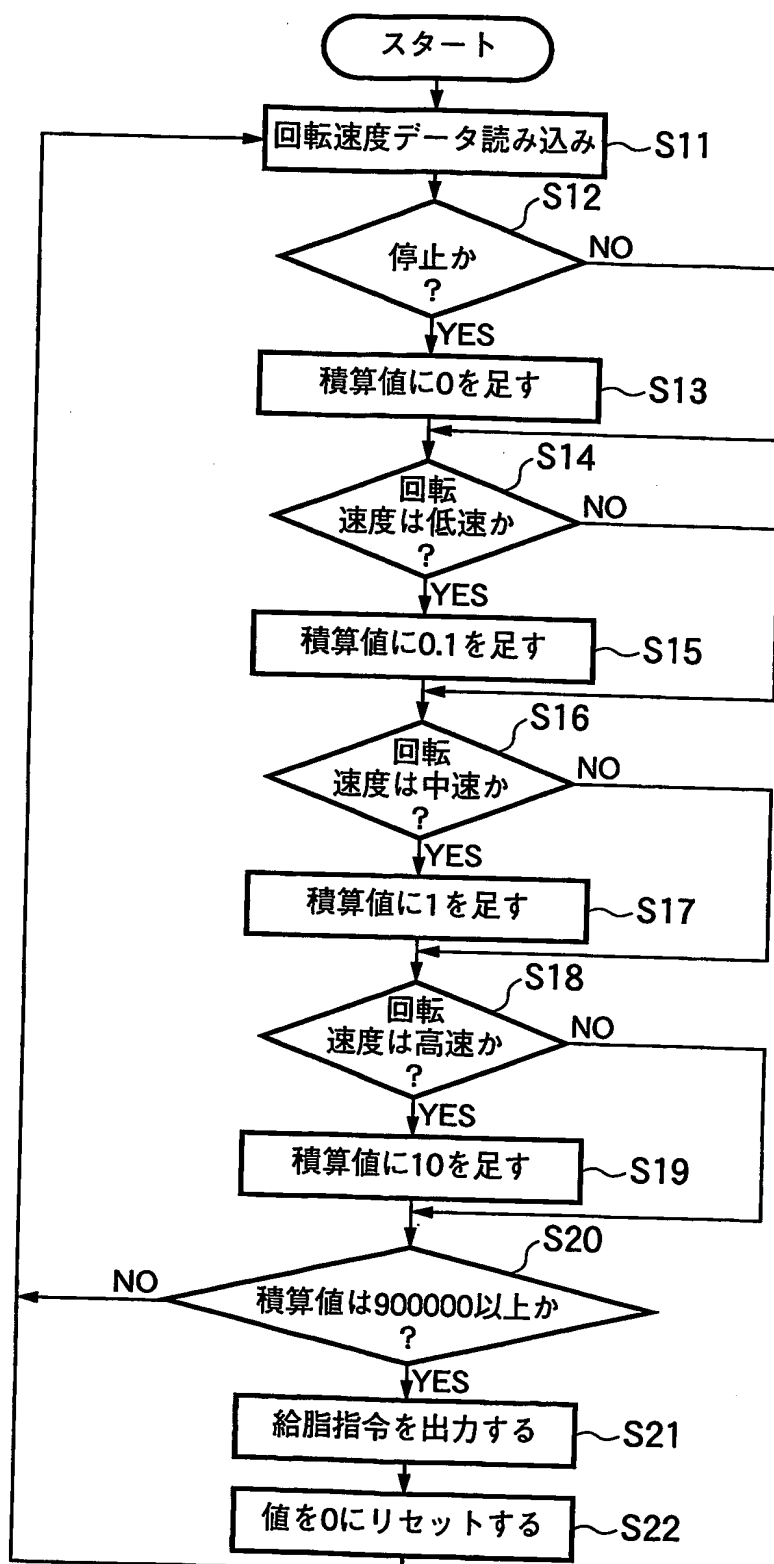


図 47

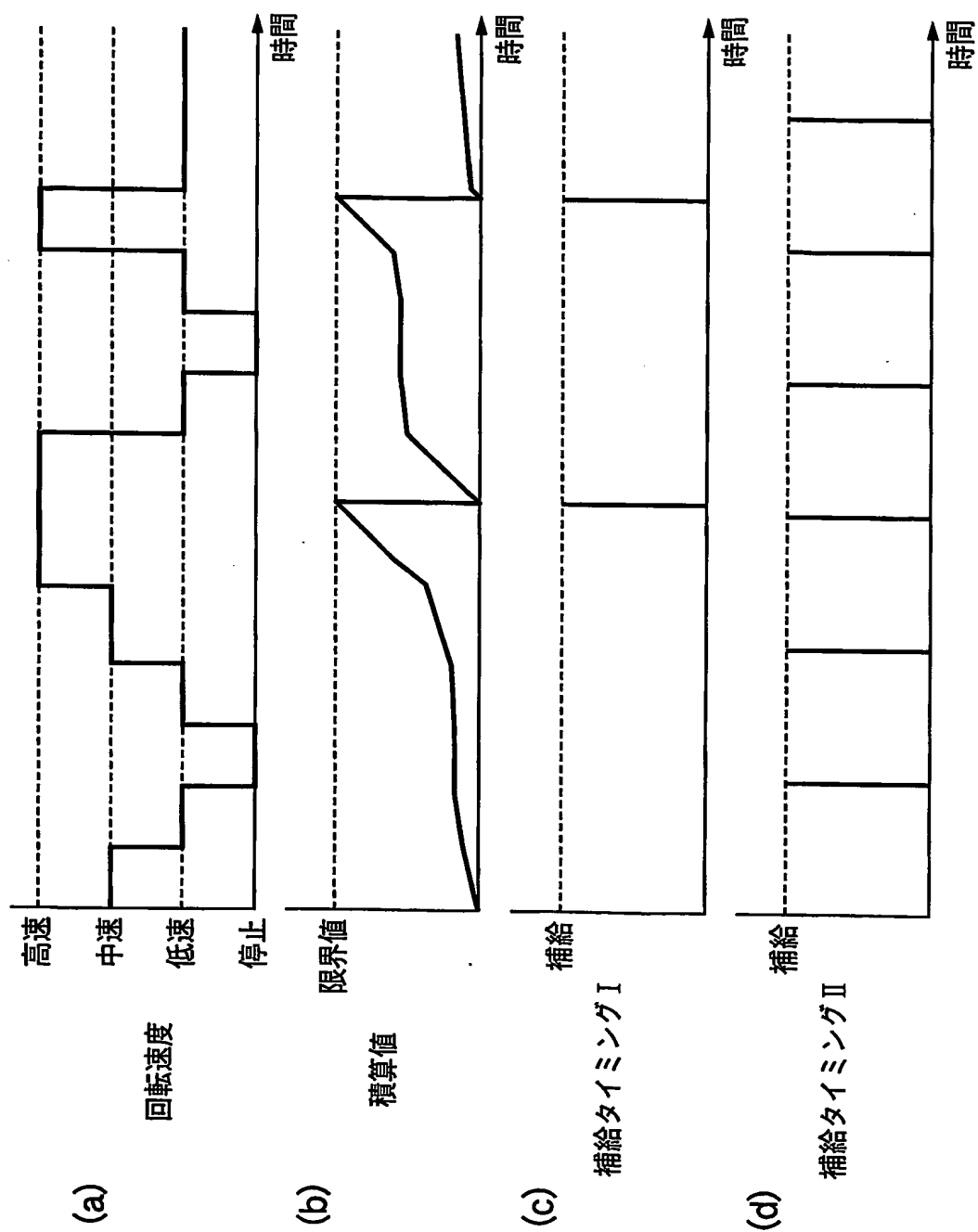


図 48

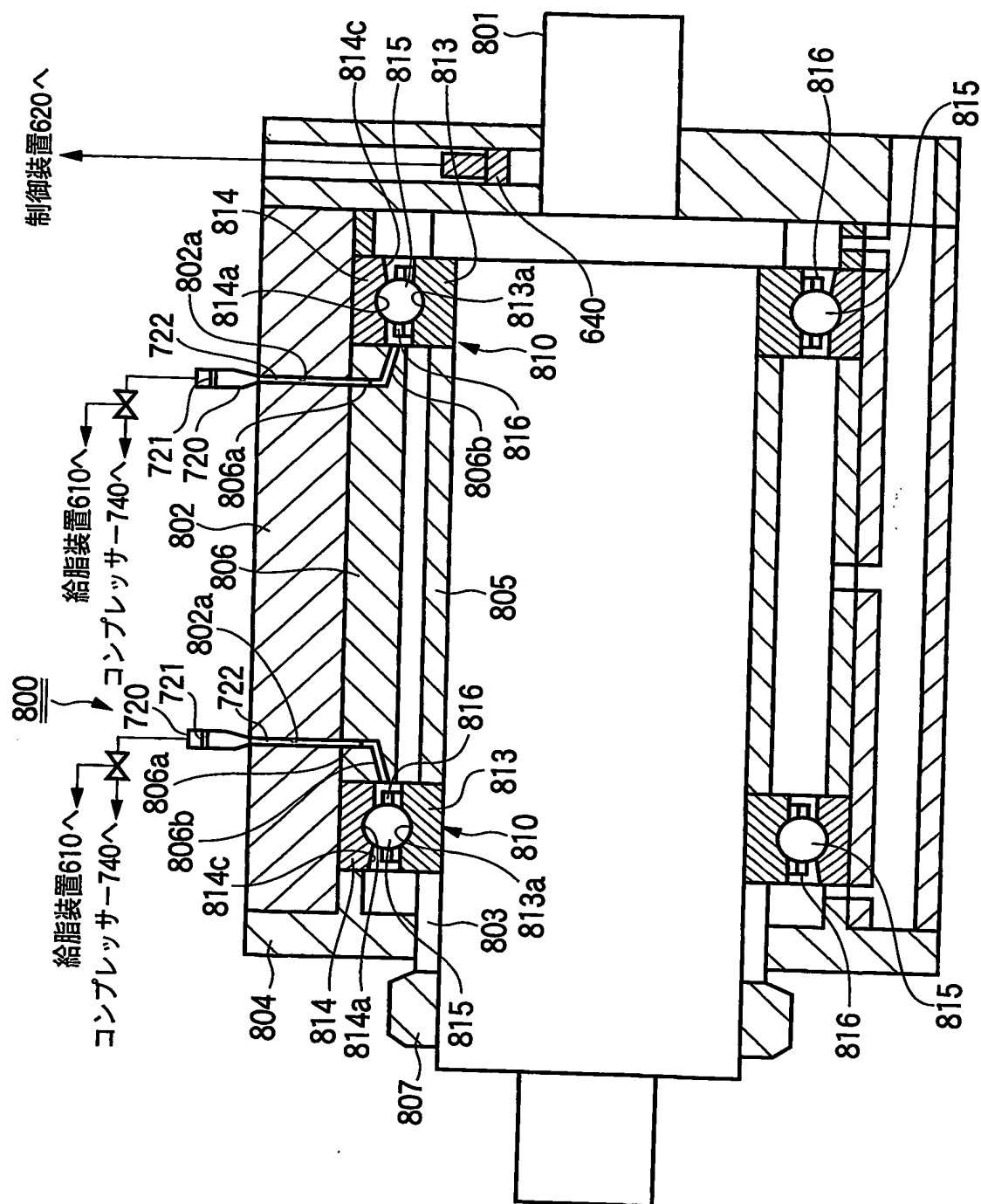


図 49

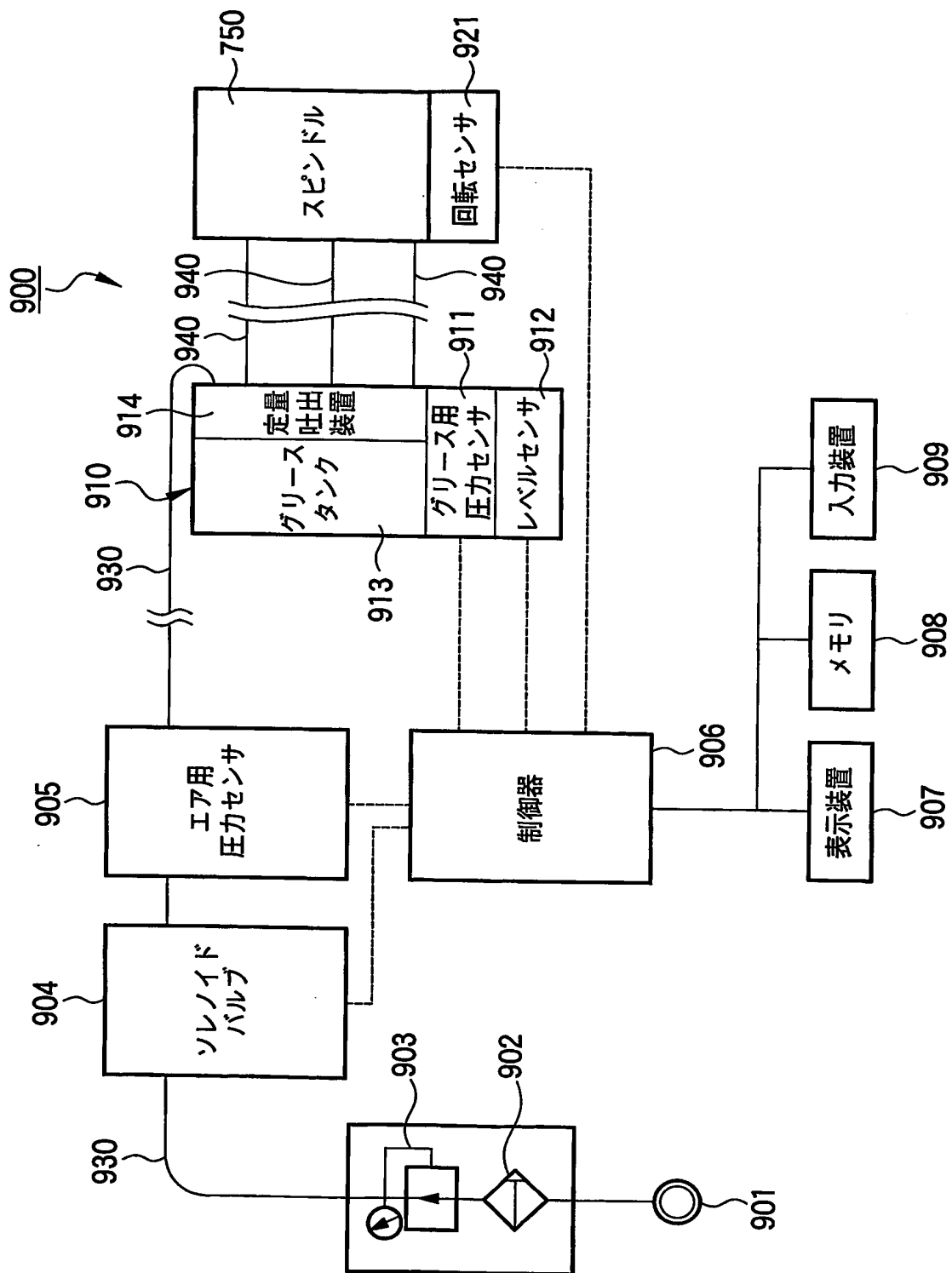




図 50

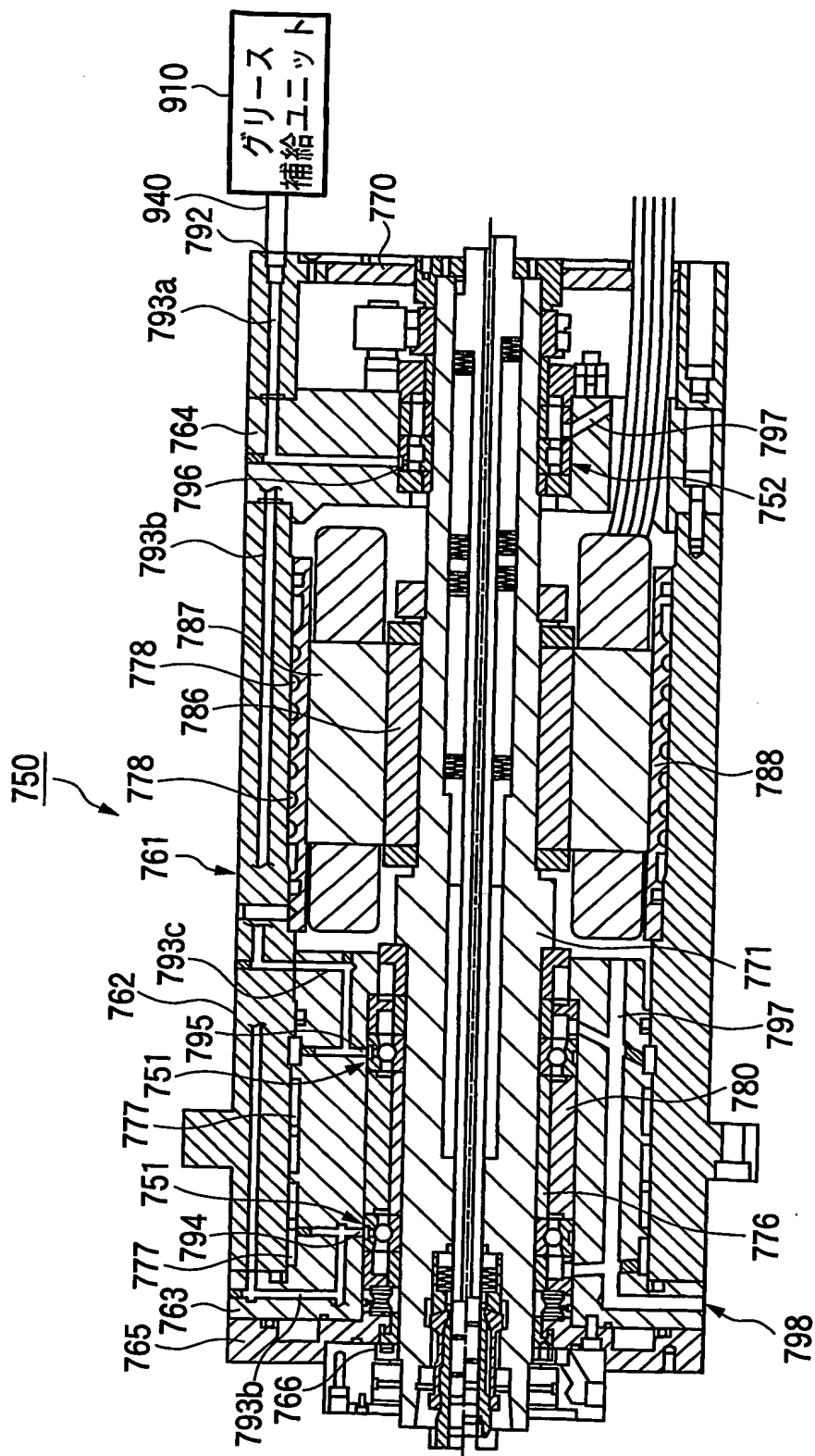


図 51

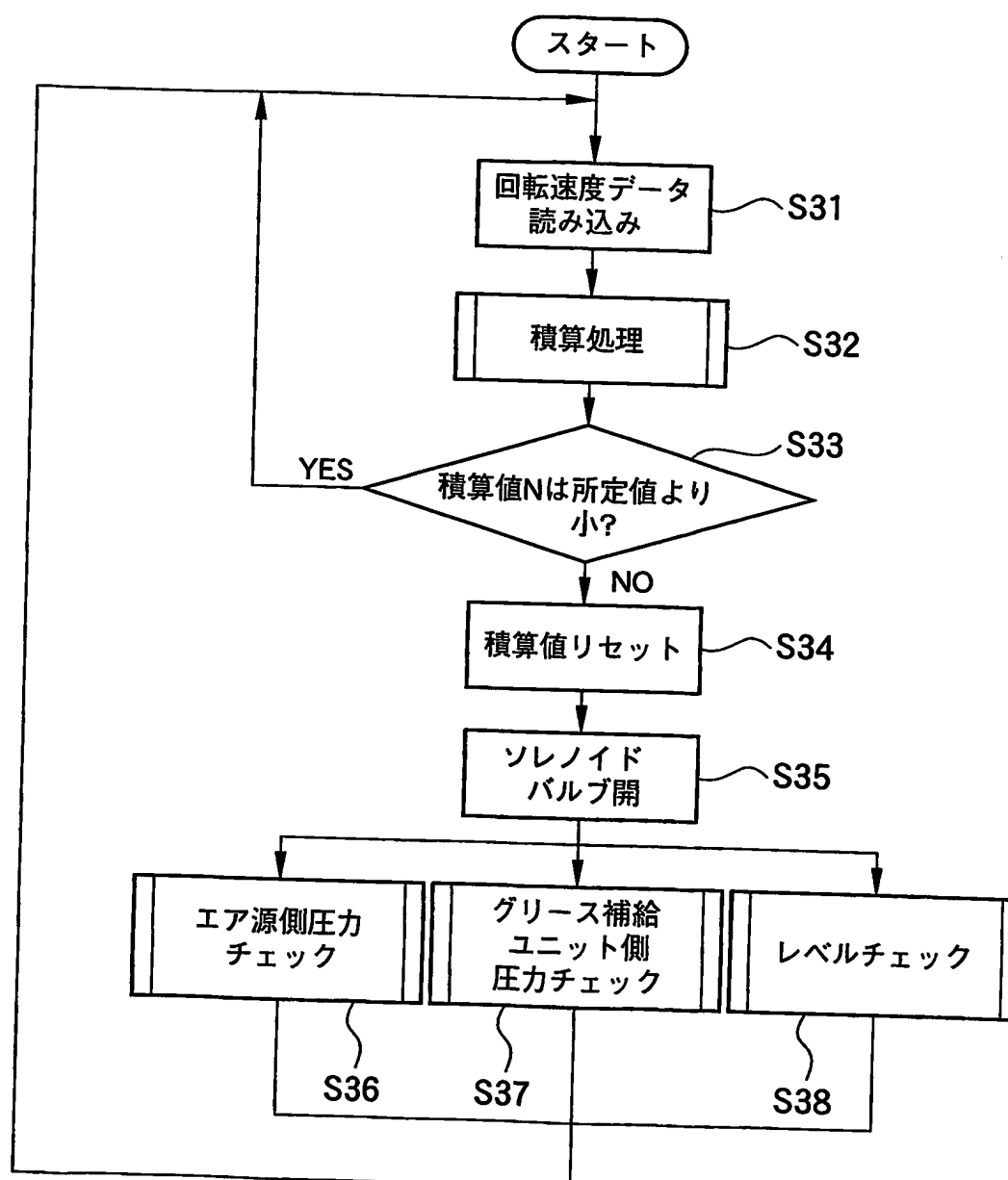


図 52

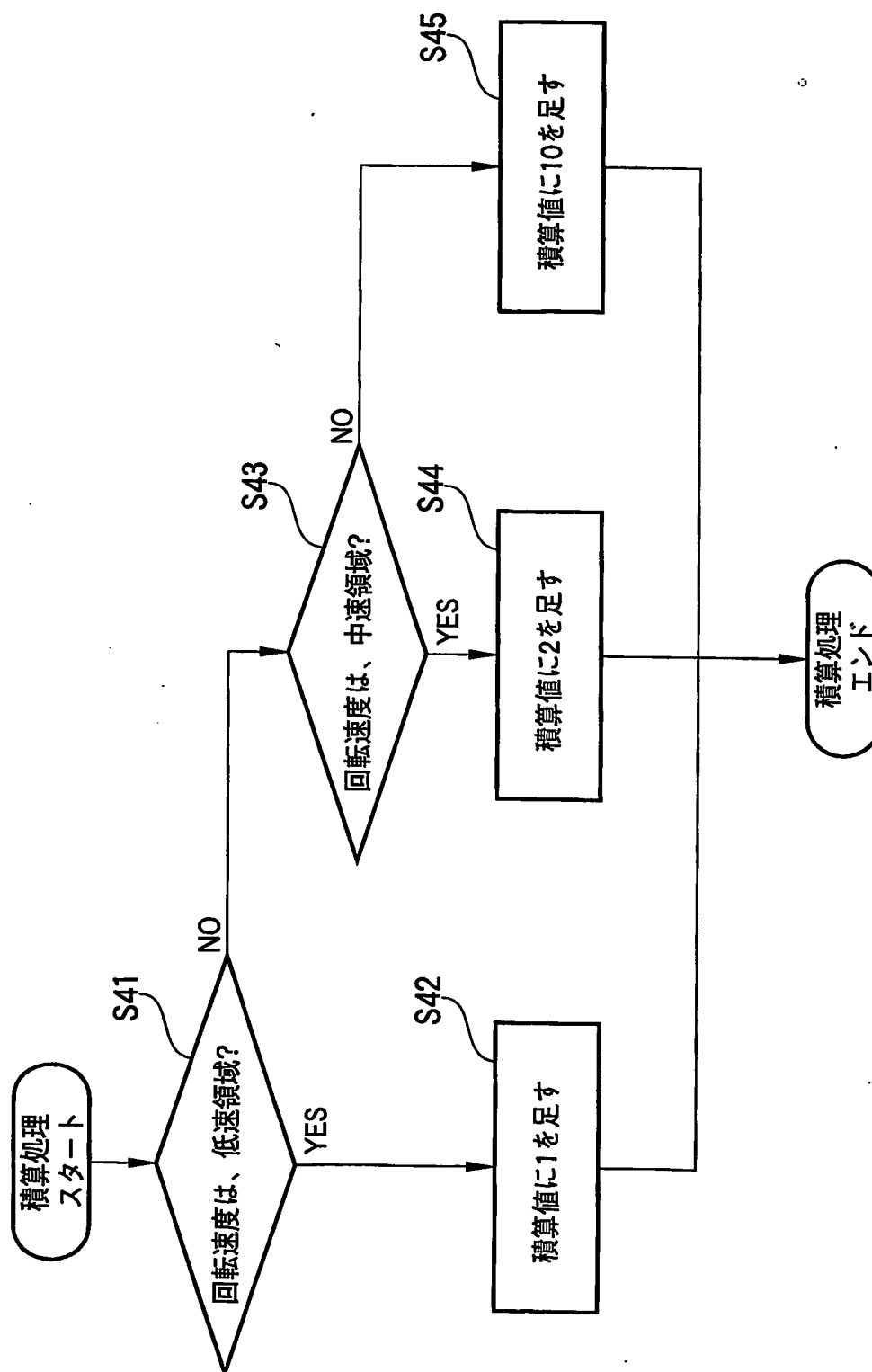


図 53

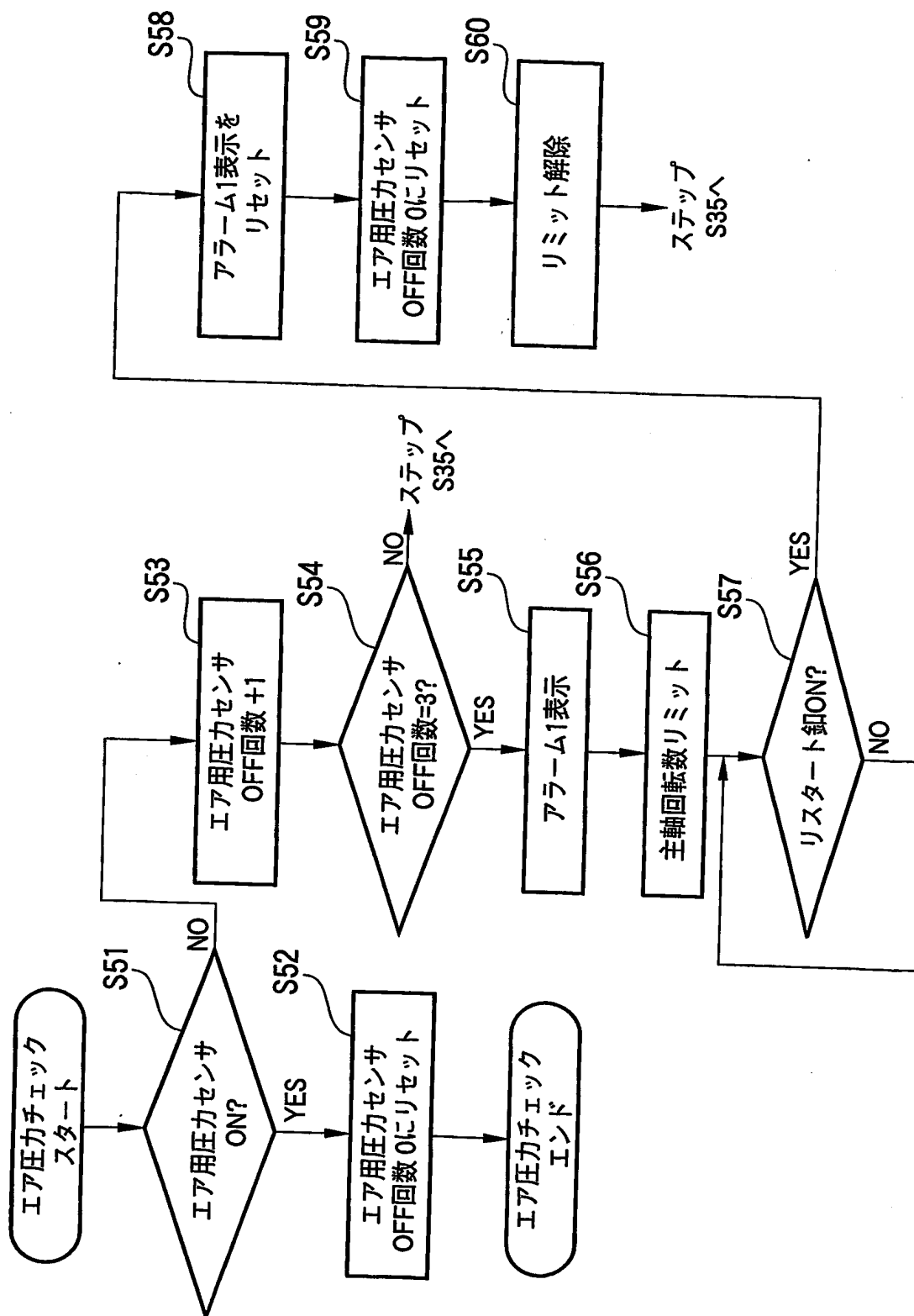


図 54

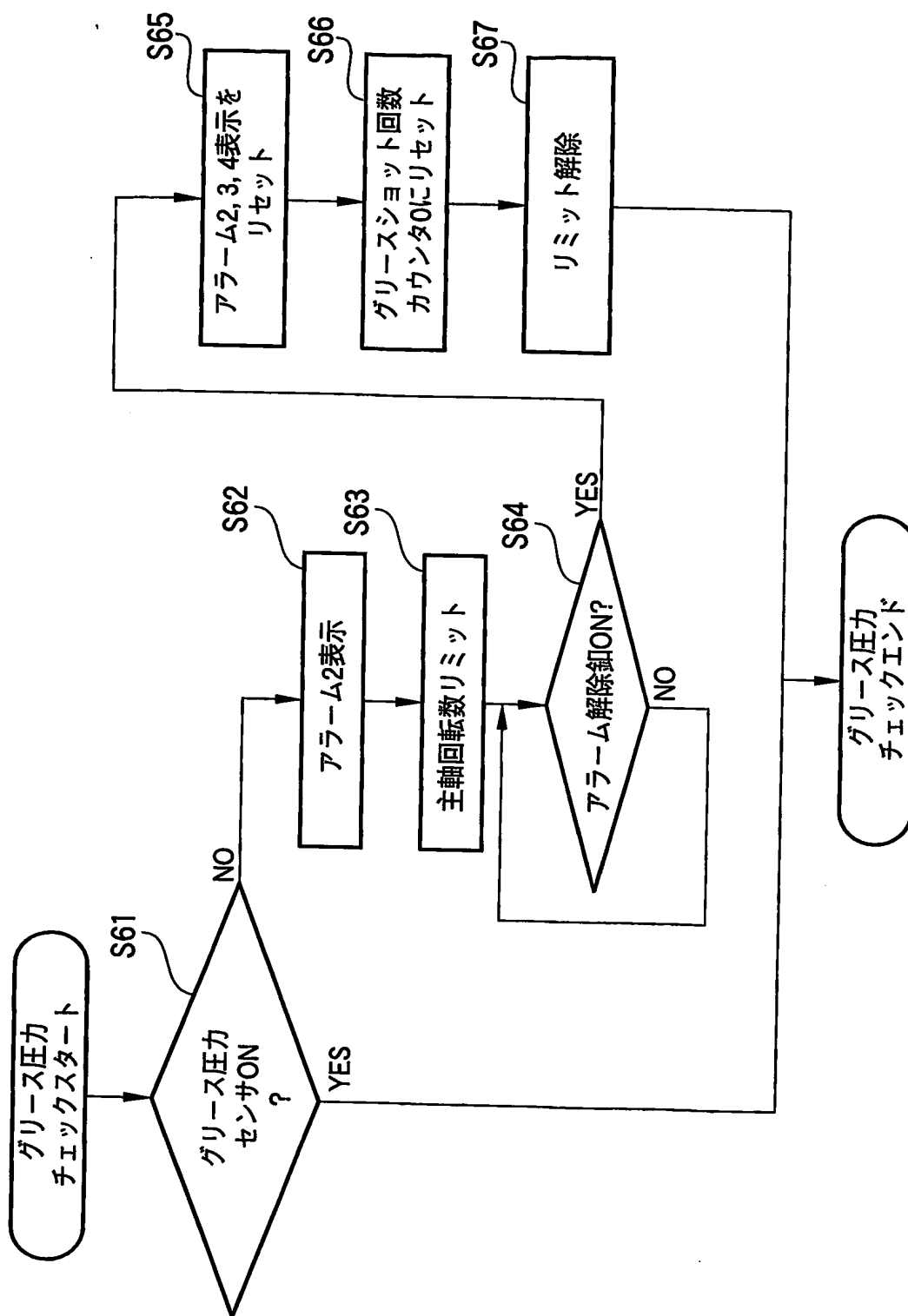


図 55

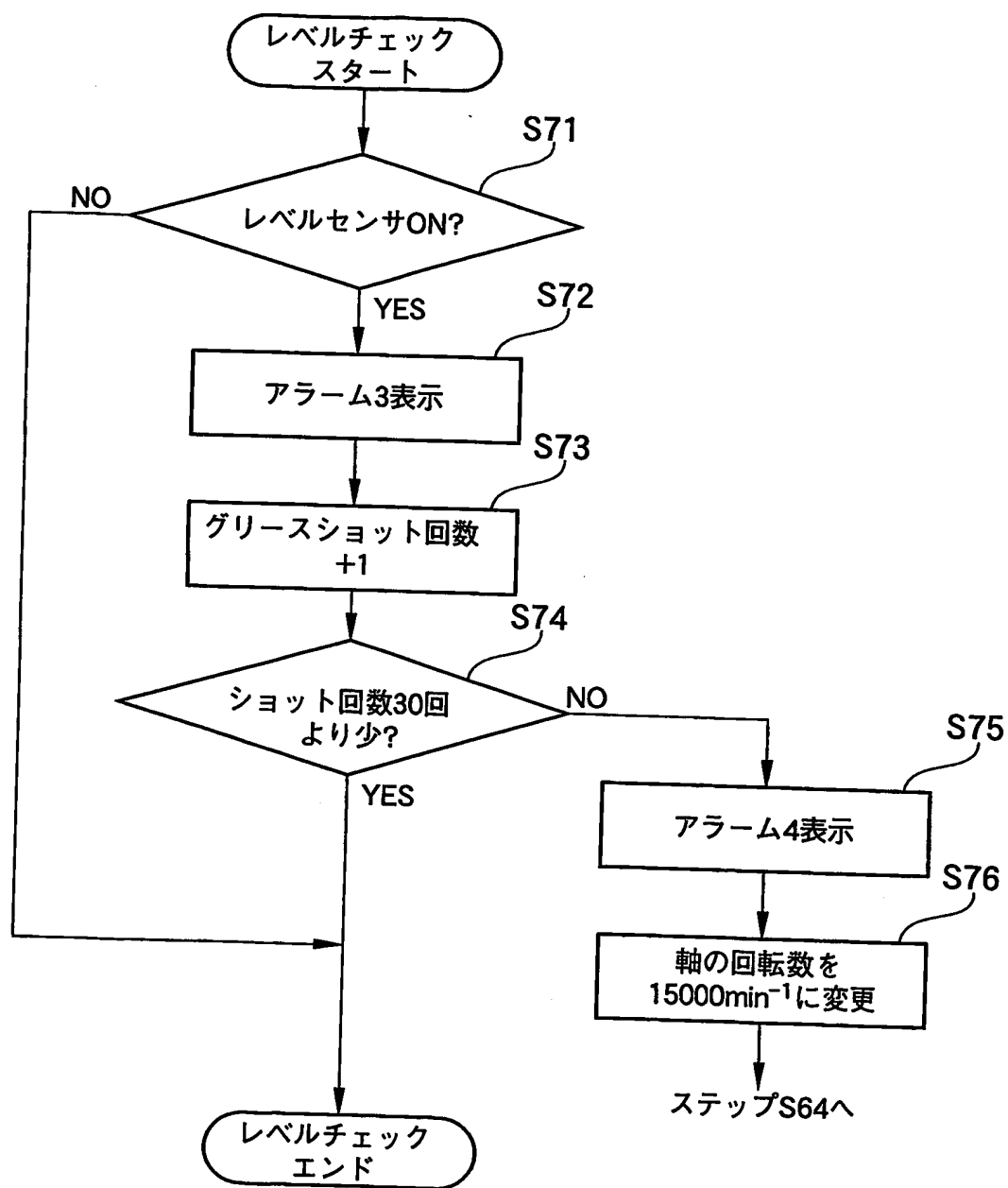


図 56

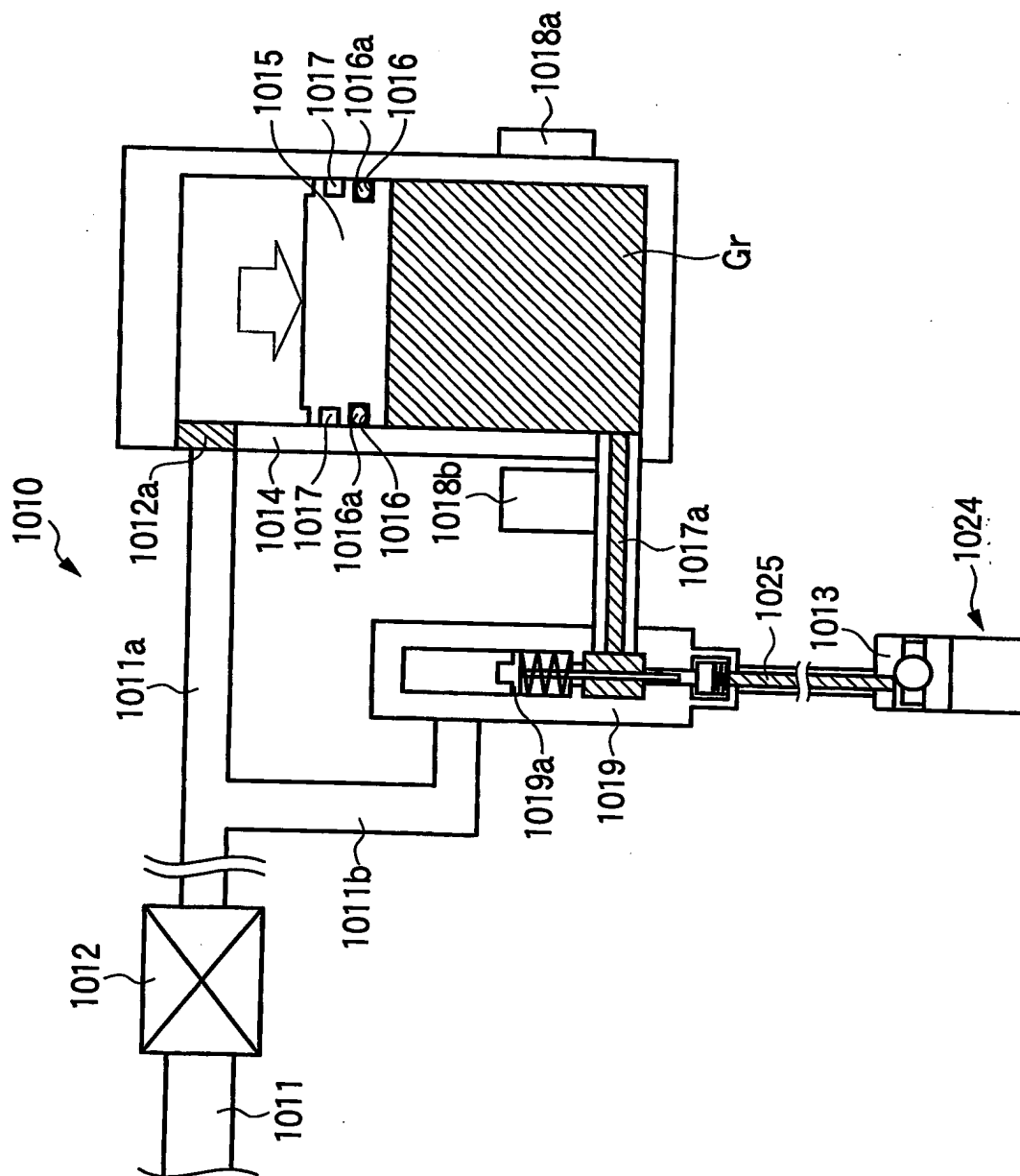


図 57

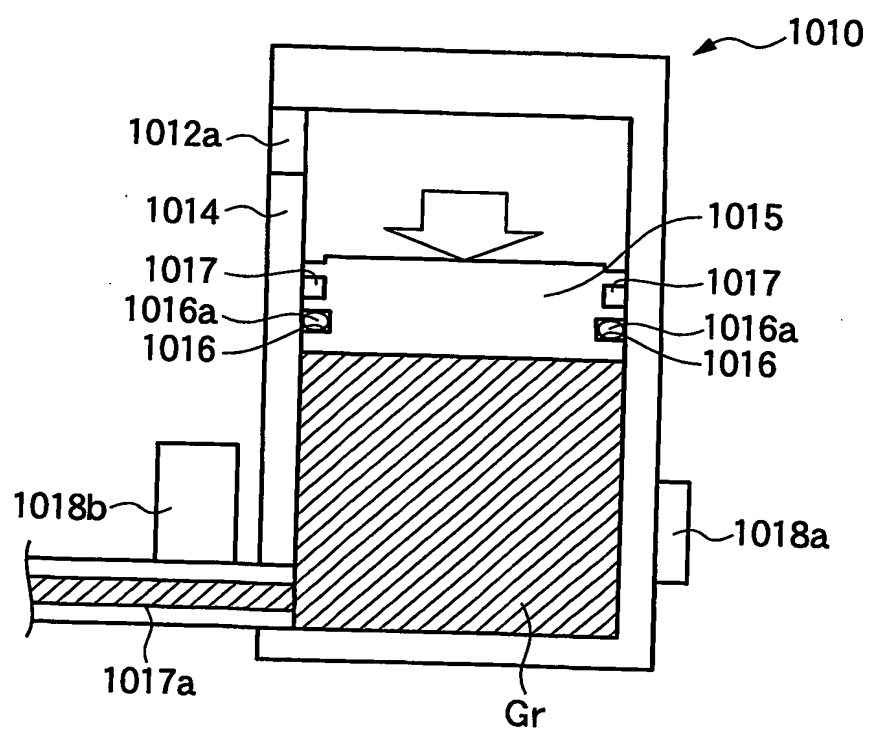




図 58

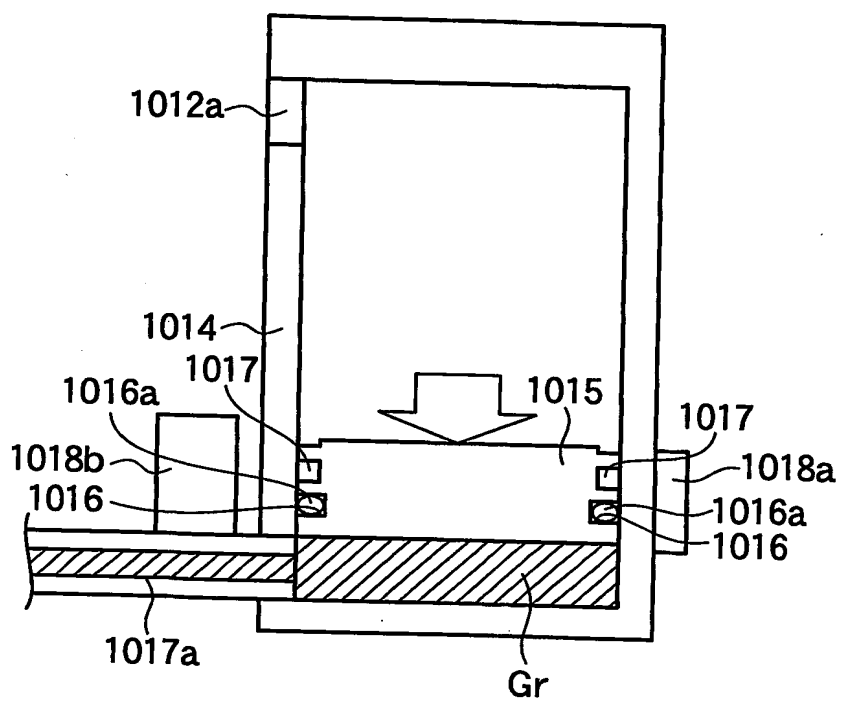


図 59

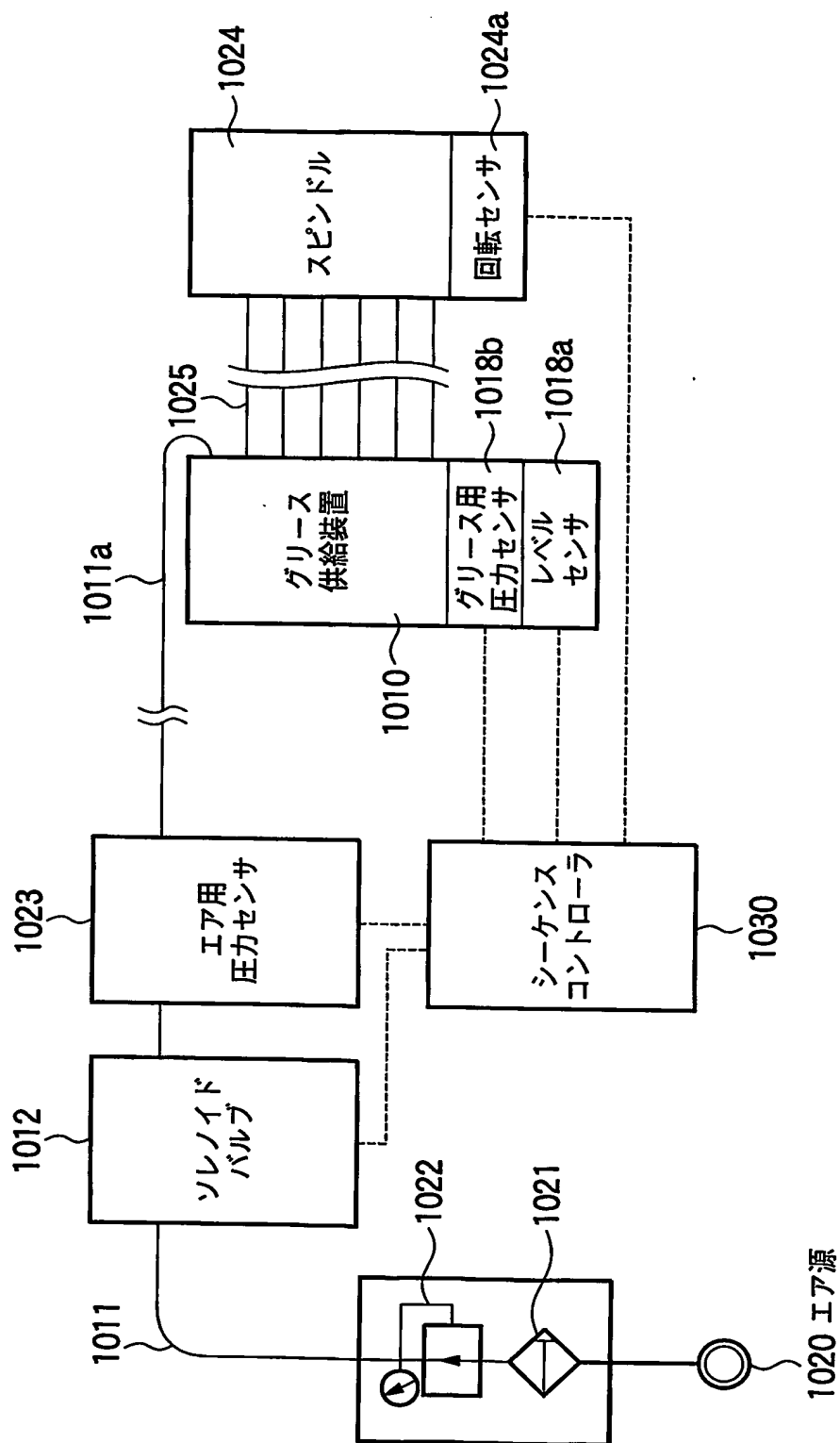


図 60




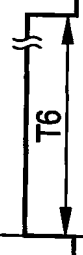
名称	作動タイミングと監視時間	動作		内容
ソレノイドバルブ	ON 	—		—
エア用圧力センサ	ON T2 	OFF		エア圧力低下
グリース用圧力センサ	ON 	OFF		グリースタンク 圧力低下
レベルセンサ	ON 	ON		グリースタンク 残存量不足

図 61

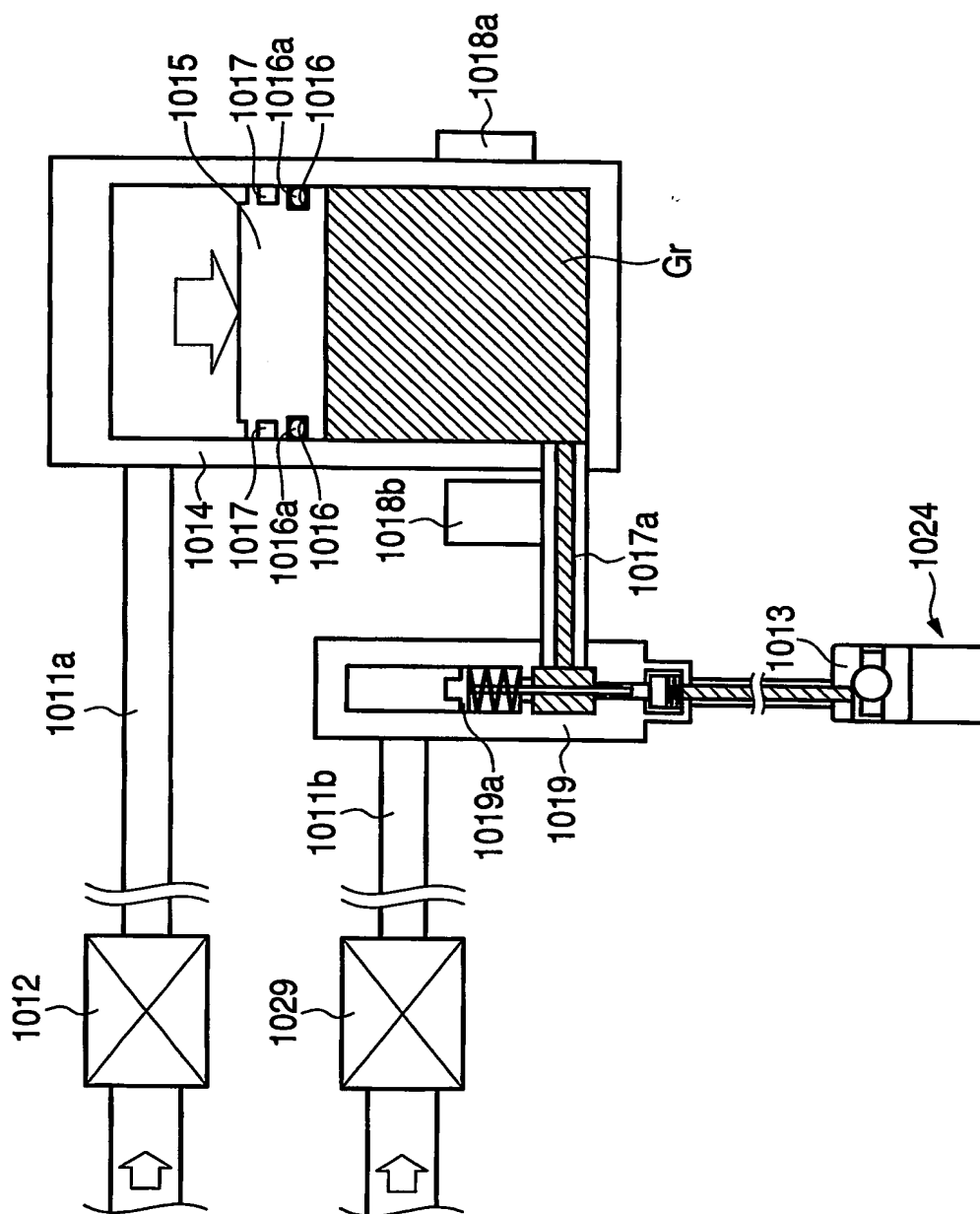


図 62

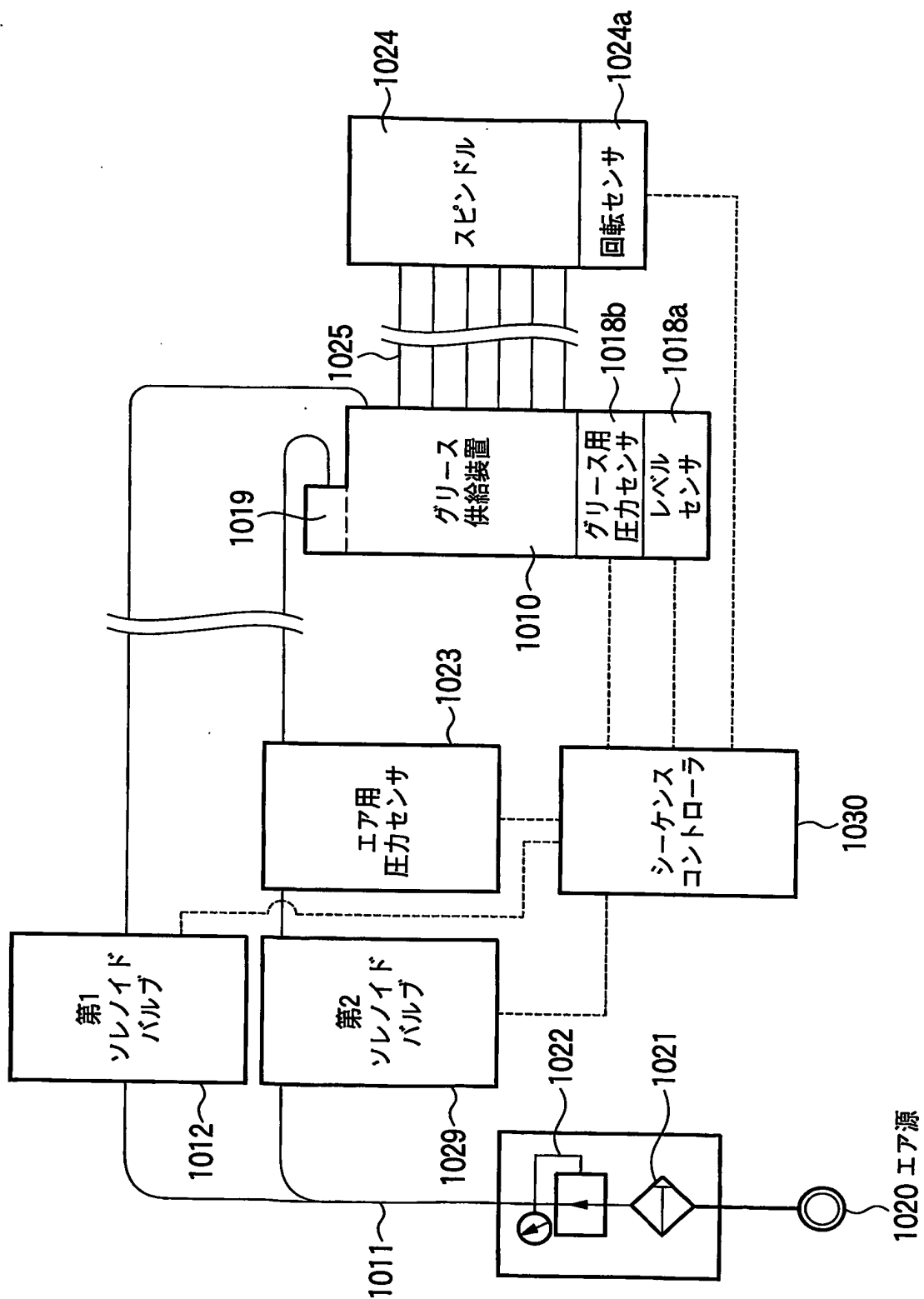


図 63





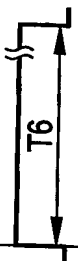
名称	作動タイミングと監視時間		動作	内容
第2ソレノイドバルブ	ON		—	—
第1ソレノイドバルブ	ON		—	—
エア用圧力センサ	ON		OFF	エア圧力低下
グリース用圧力センサ	ON		OFF	グリースタンク 圧力低下
レベルセンサ	ON		ON	グリースタンク 残存量不足

図 64

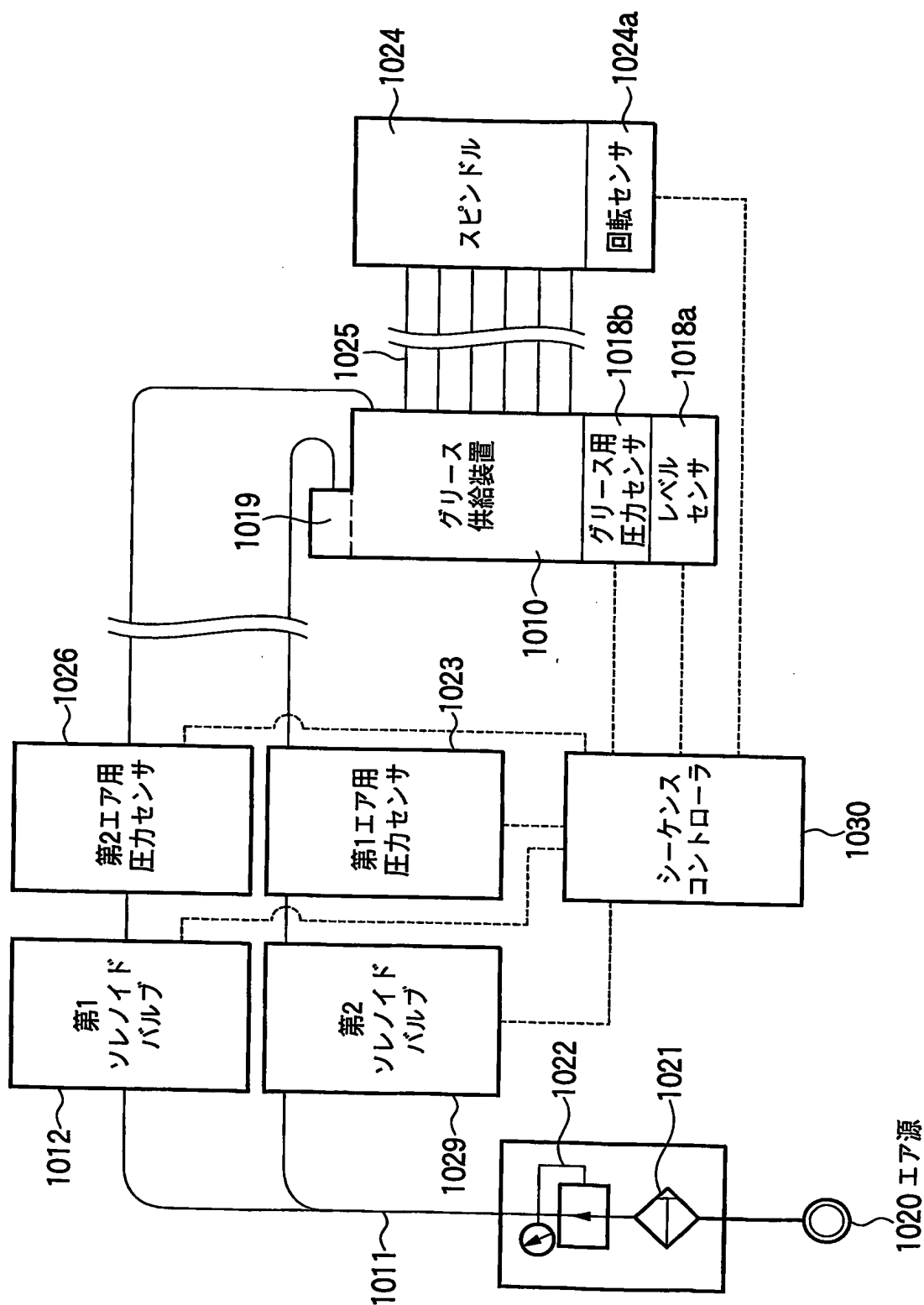


図 65

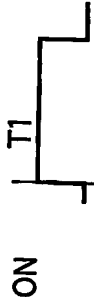

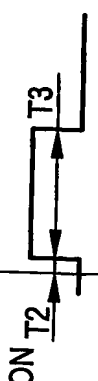
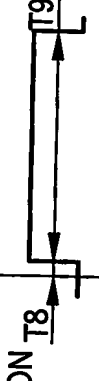
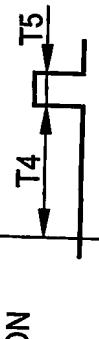
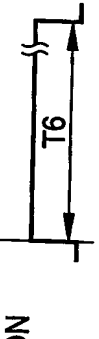
名称	作動タイミングと監視時間	動作	内容
第2ソレノイドバルブ	ON 	—	—
第1ソレノイドバルブ	ON 	—	—
第1エア用圧力センサ	ON 	OFF	エア圧力低下
第2エア用圧力センサ	ON 	OFF	エア圧力低下
グリース用圧力センサ	ON 	OFF	グリースタンク 圧力低下
レベルセンサ	ON 	ON	グリースタンク 残存量不足



図 66

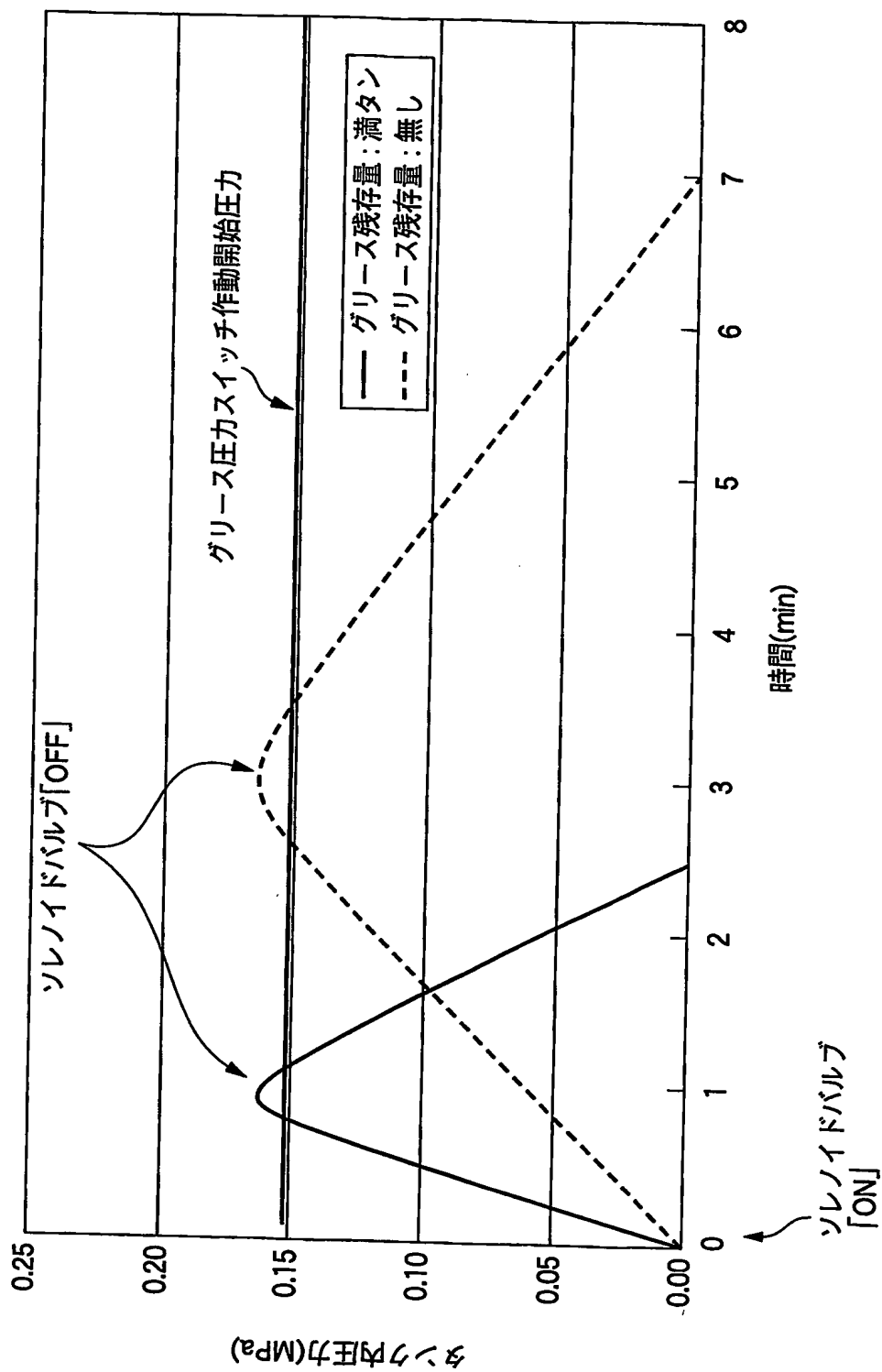


図 67

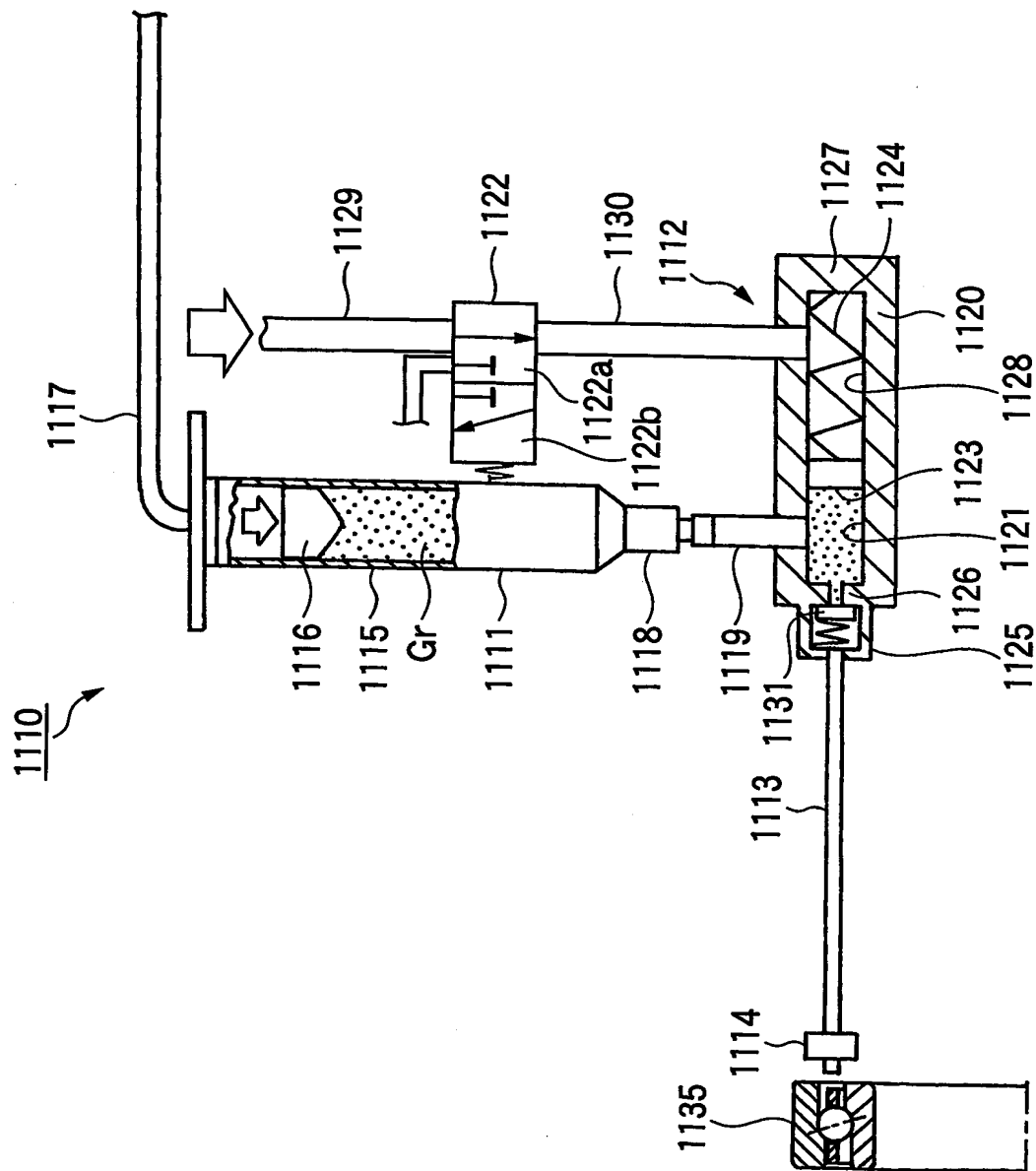


図 68

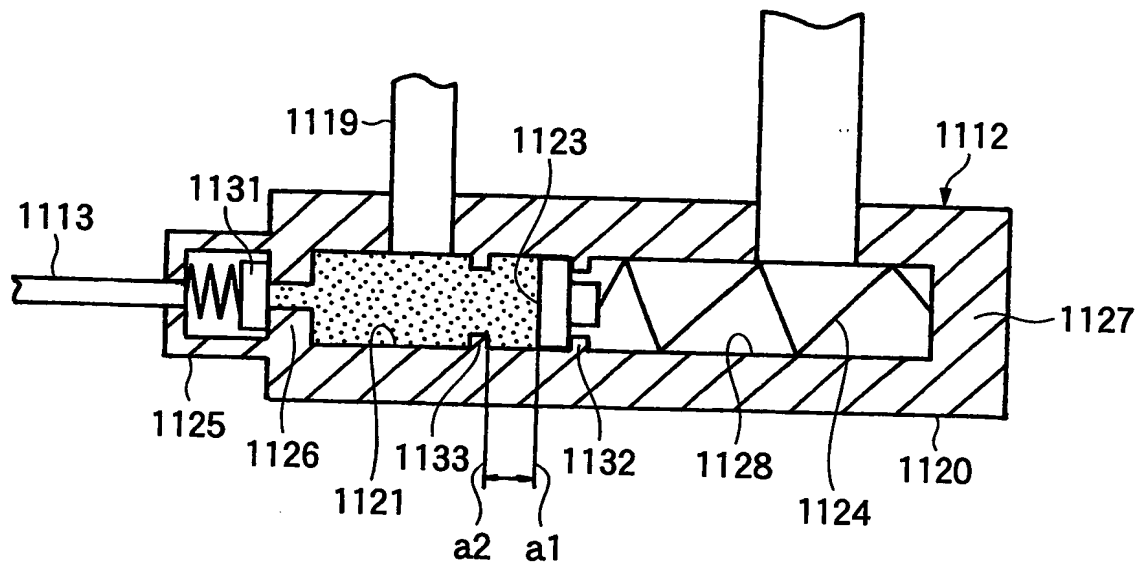




図 70

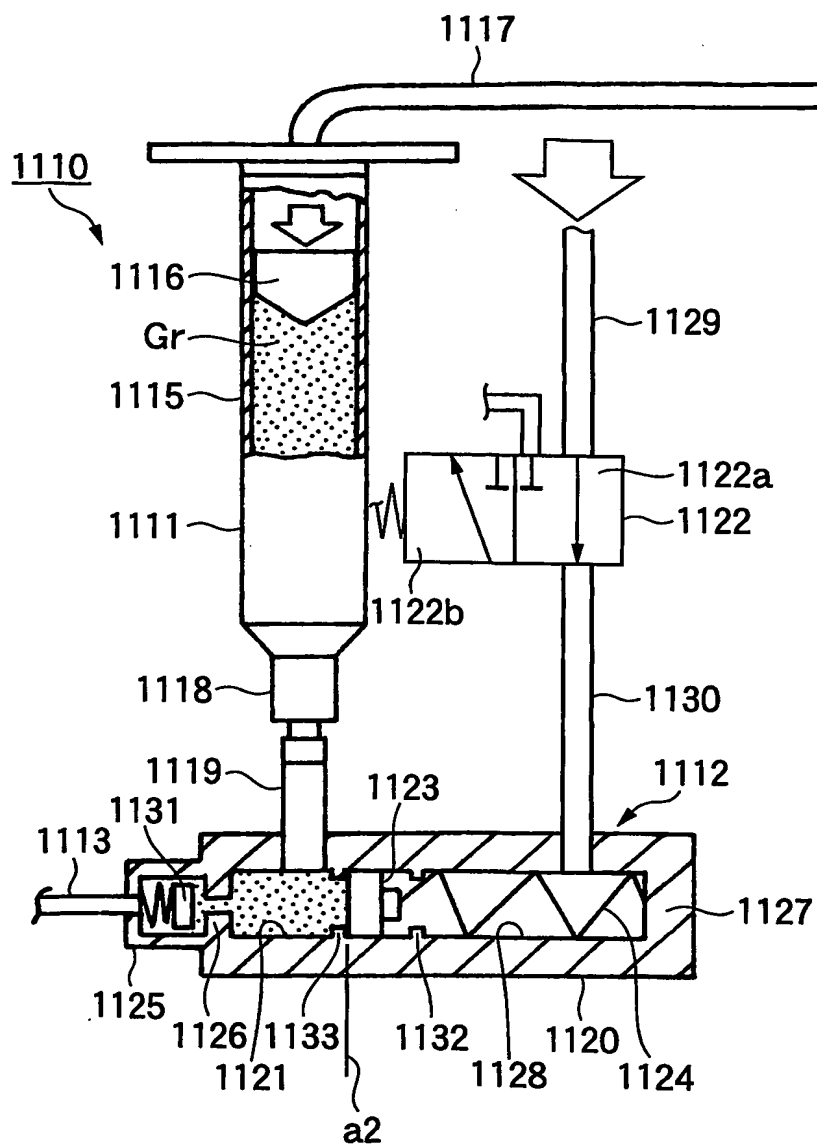


図 71

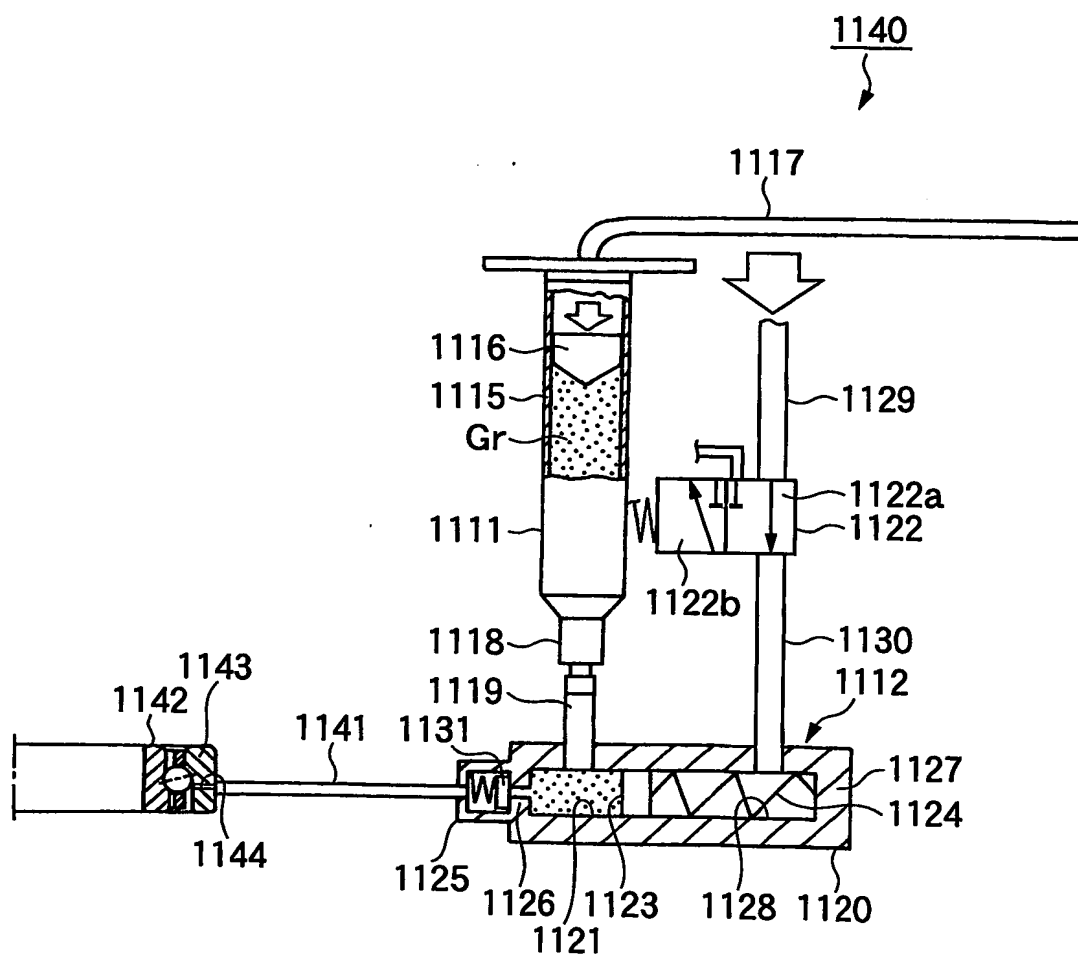


図 72

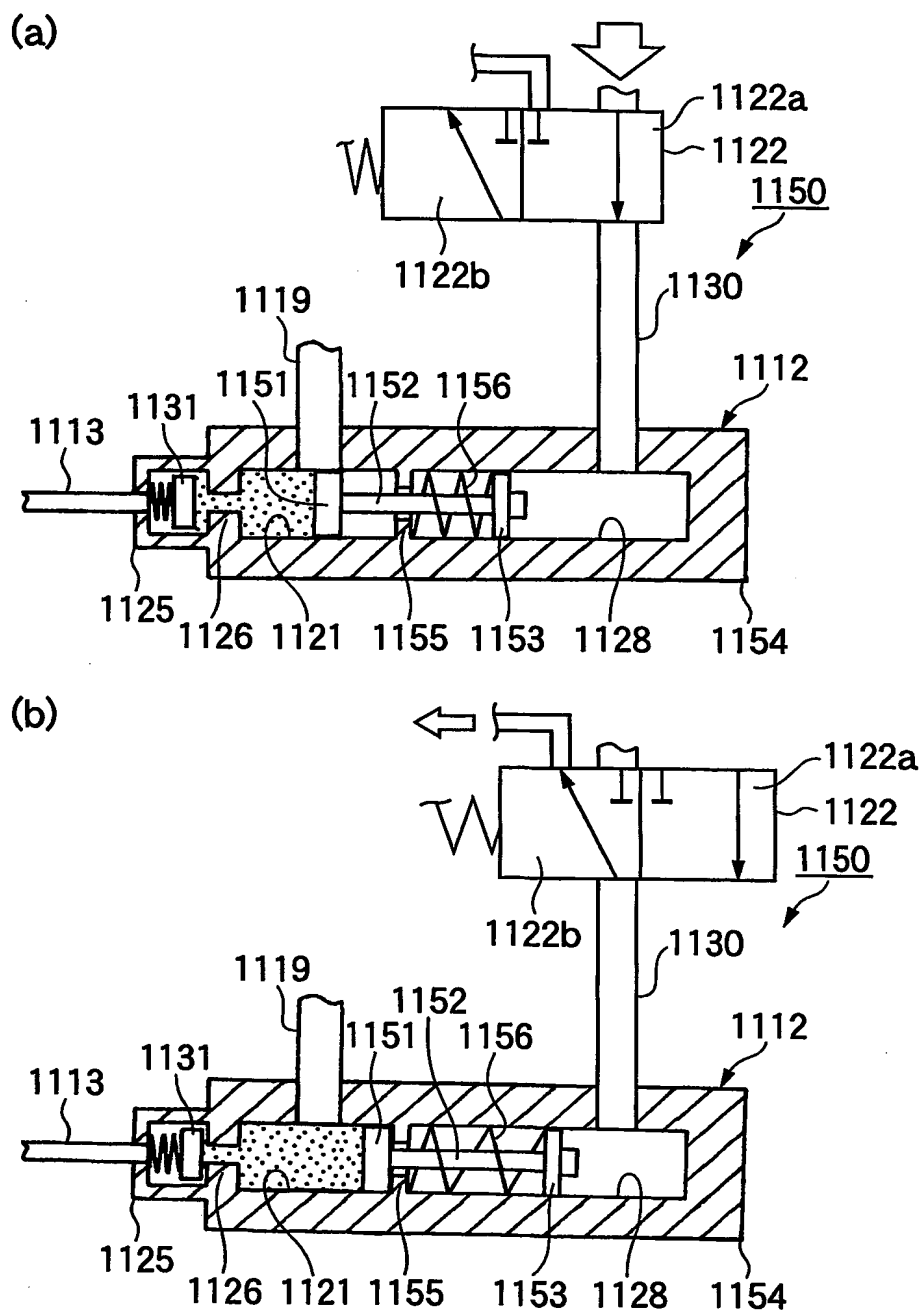


図 73

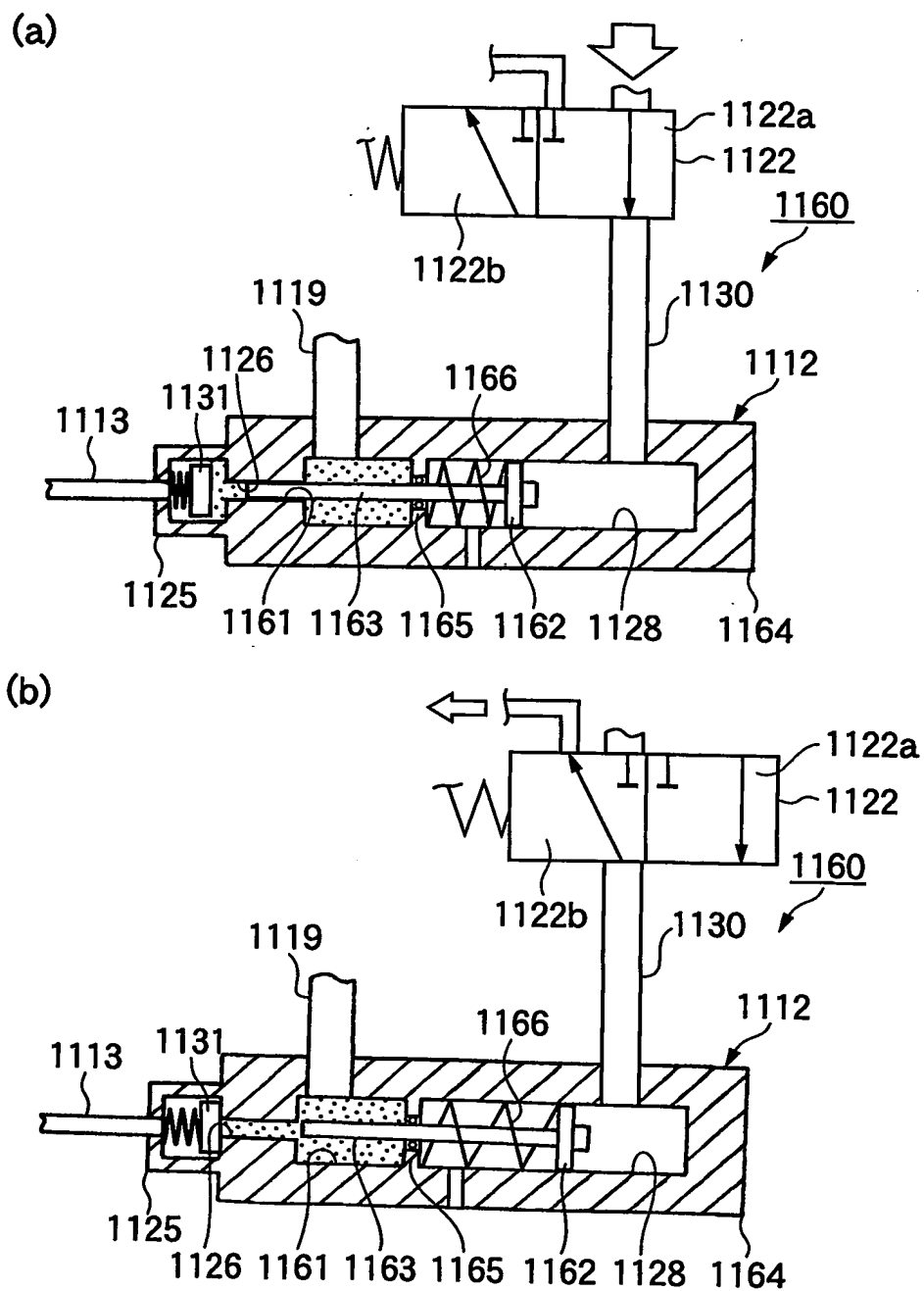




図 74

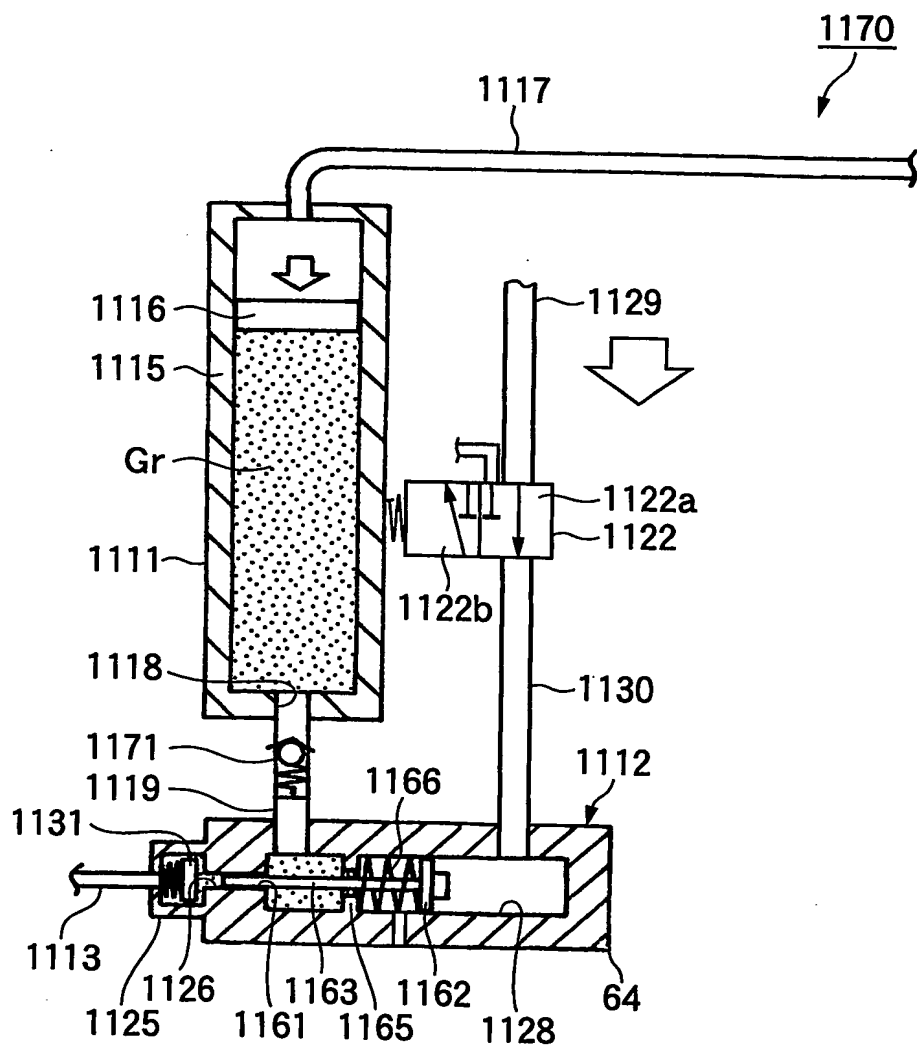


図 75

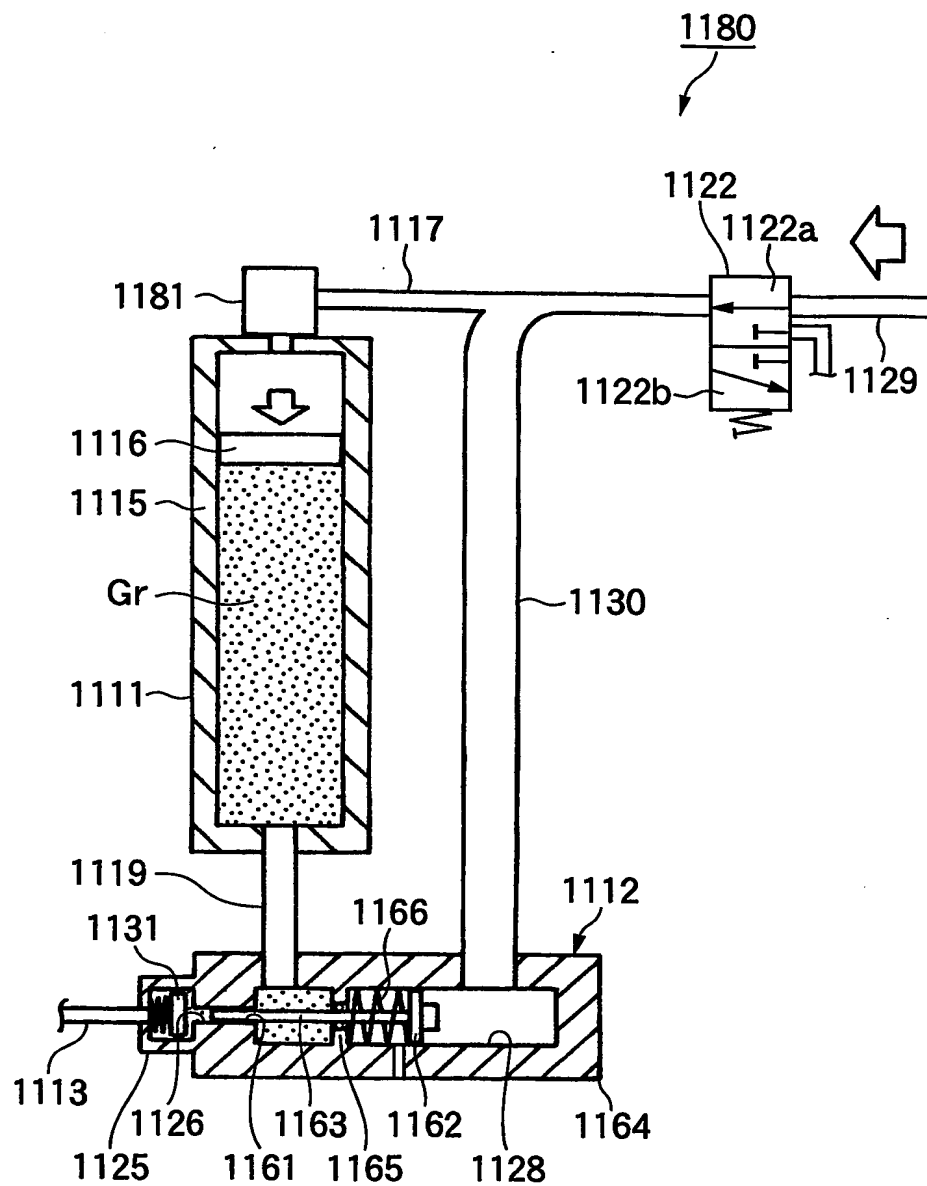


図 76

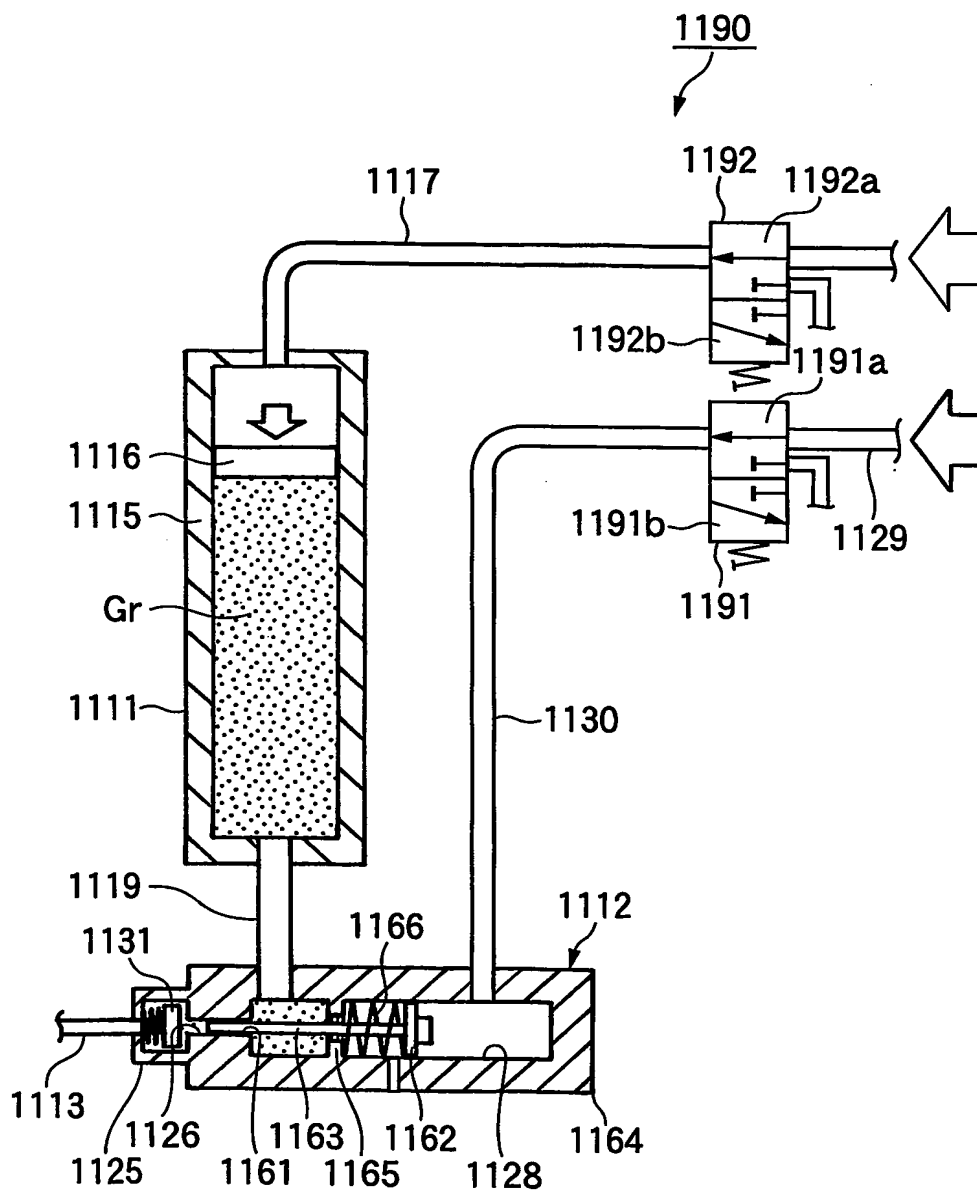


図 77

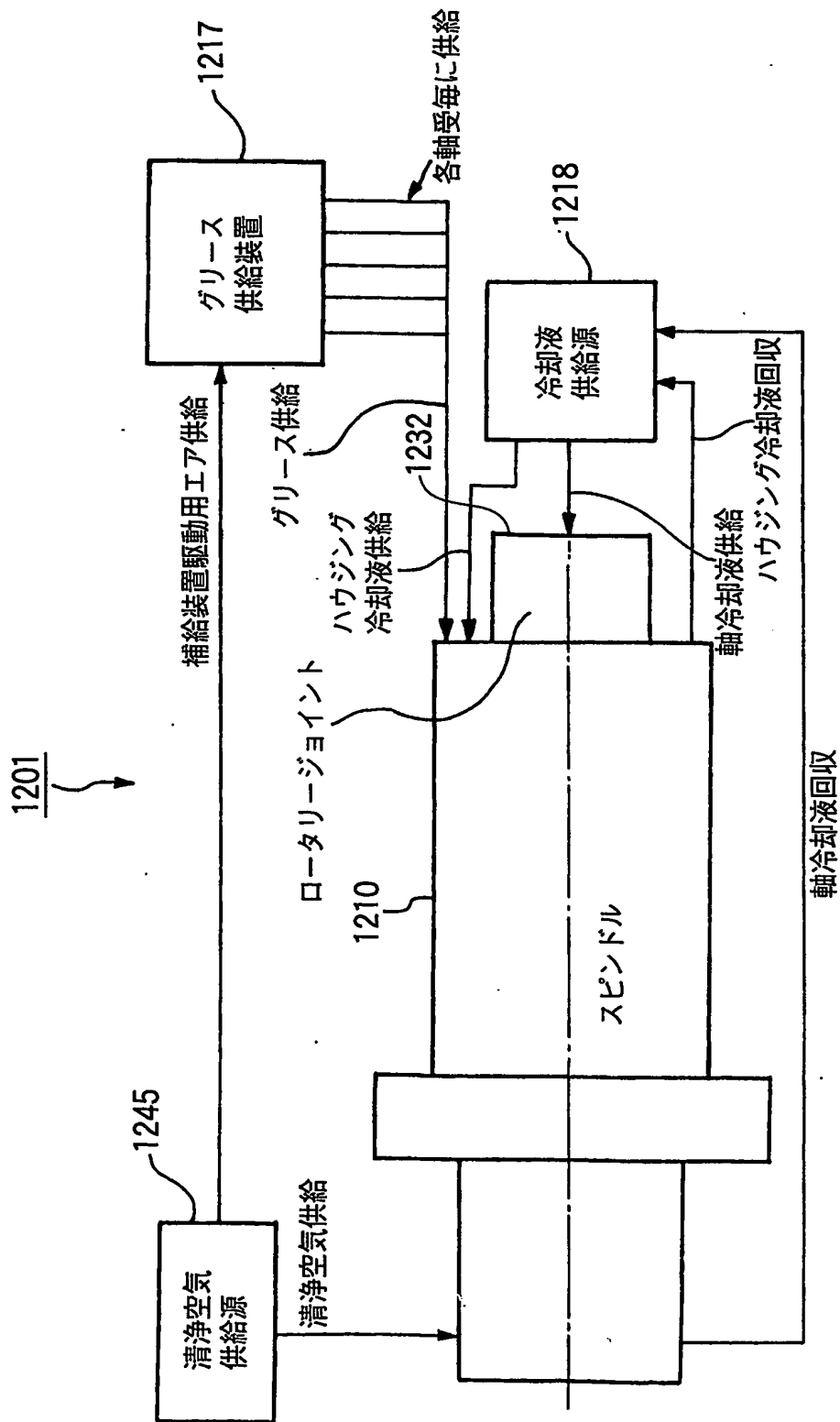




図 79

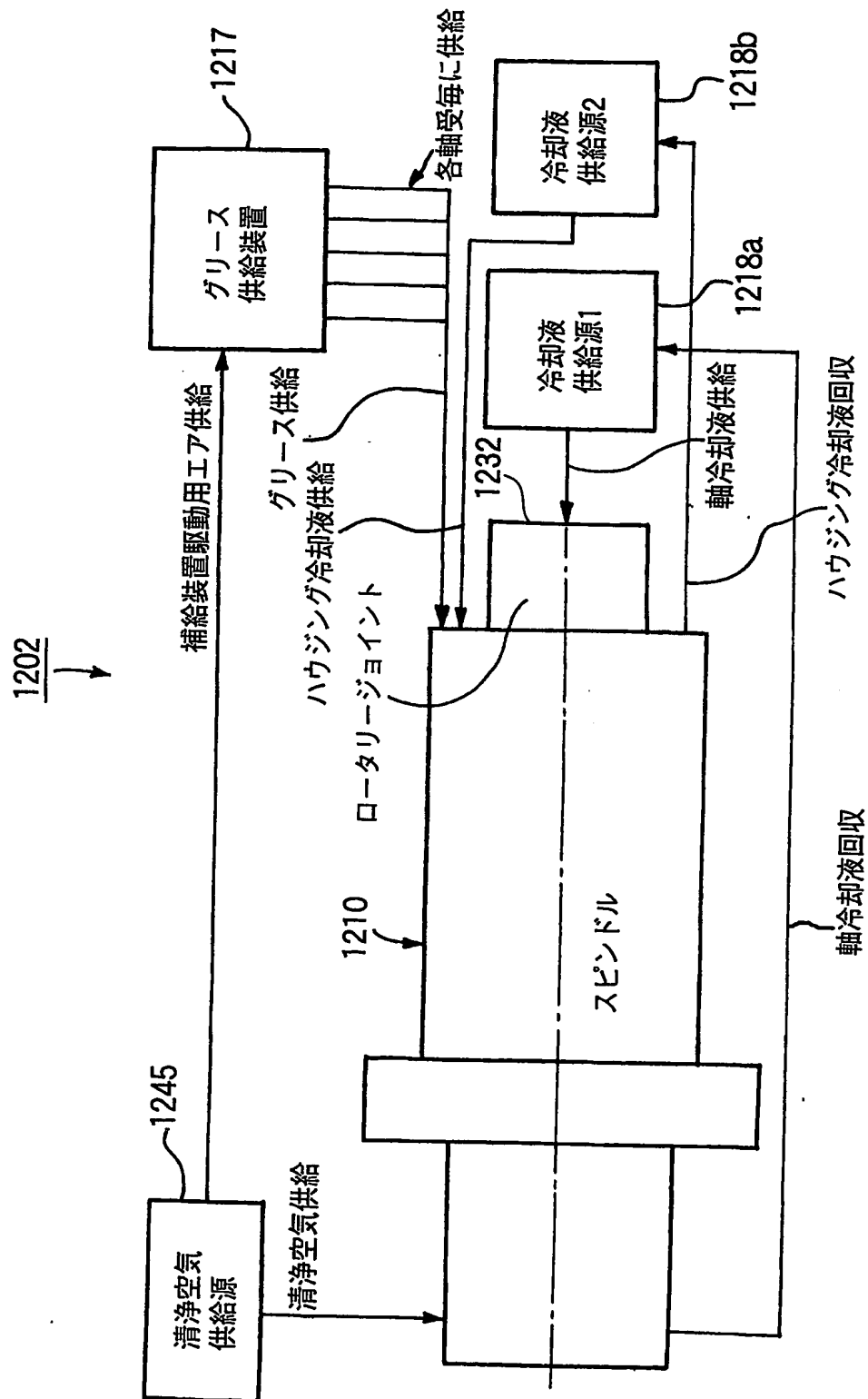


図 80

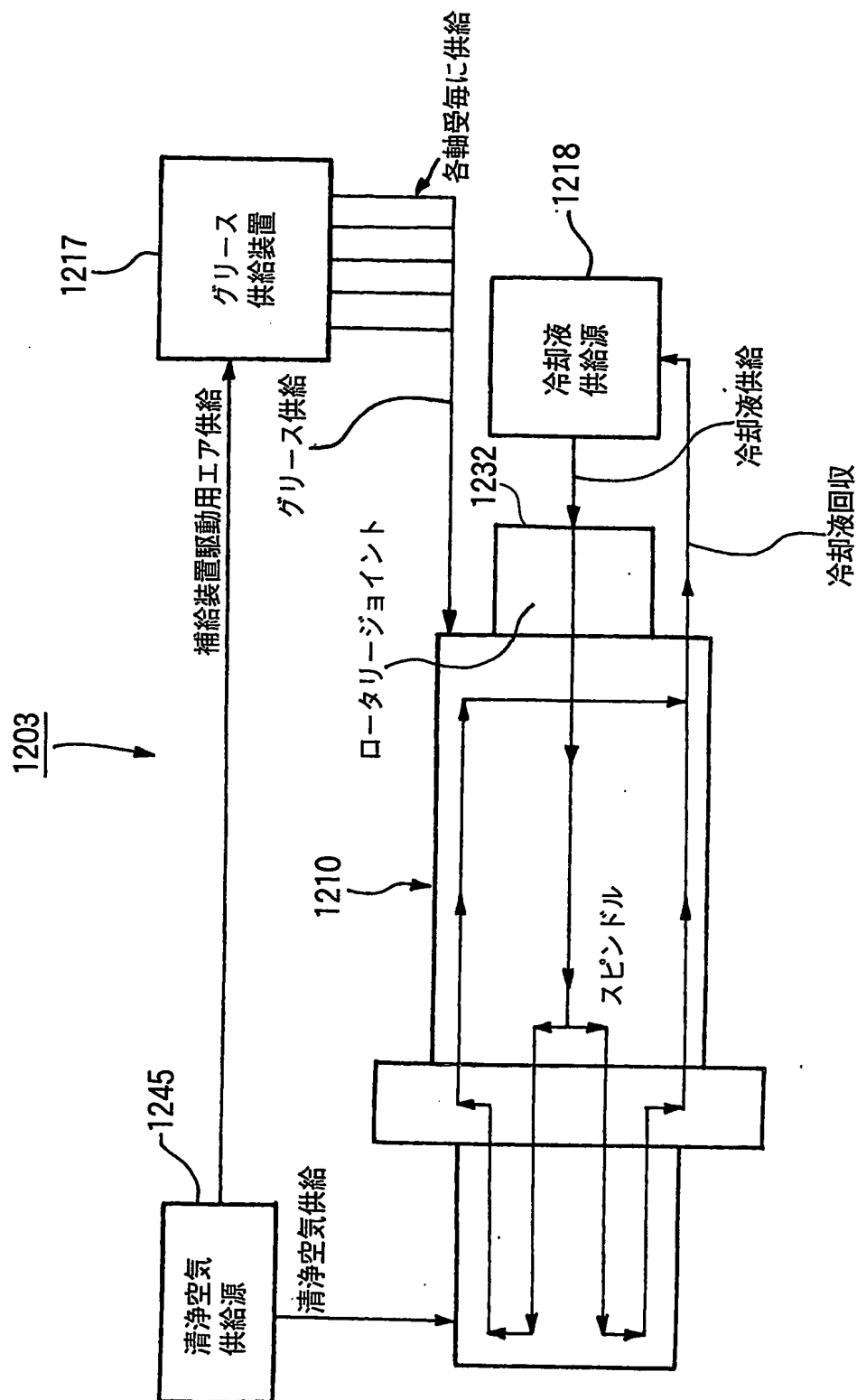


図 81

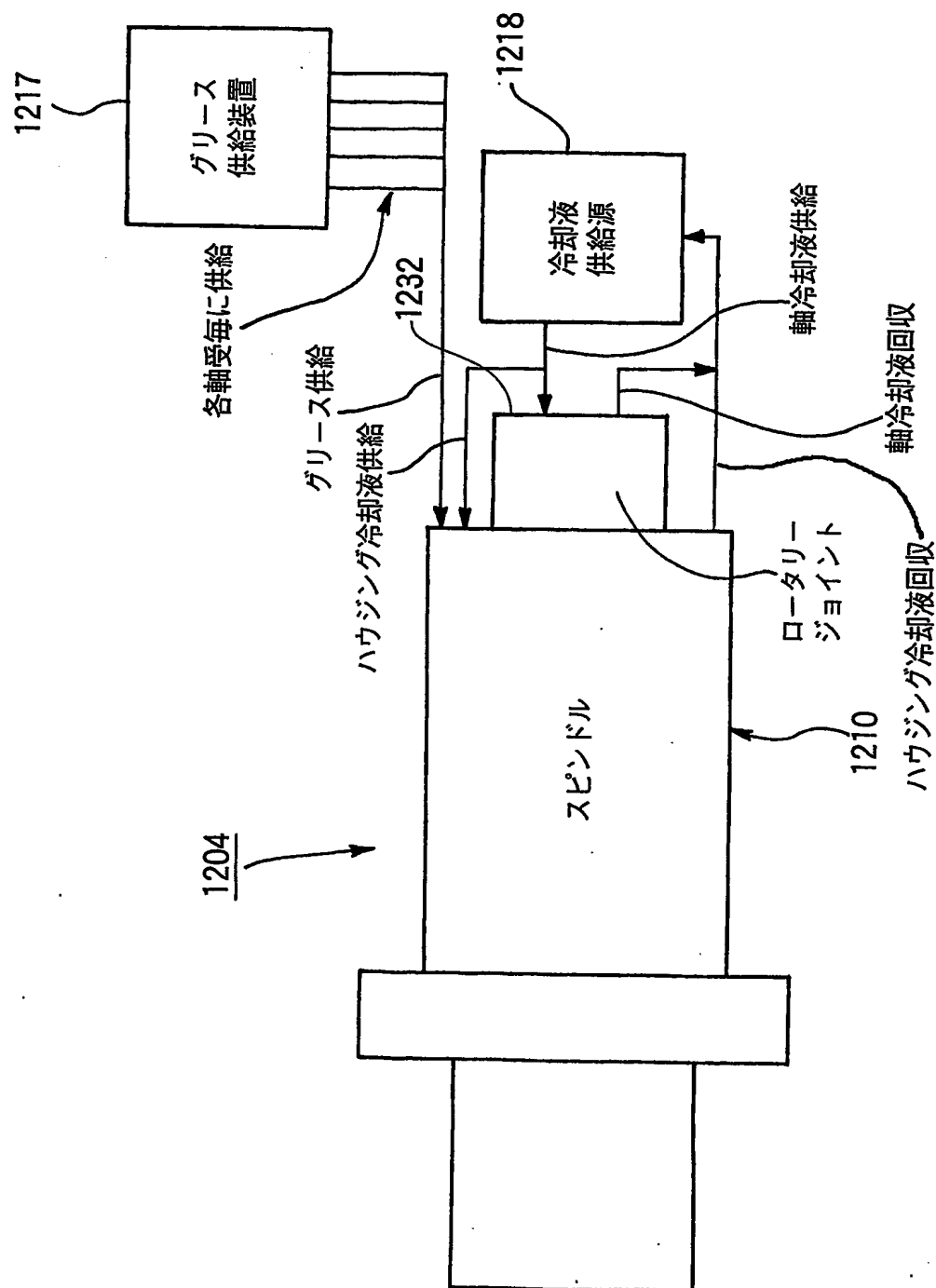




図 82

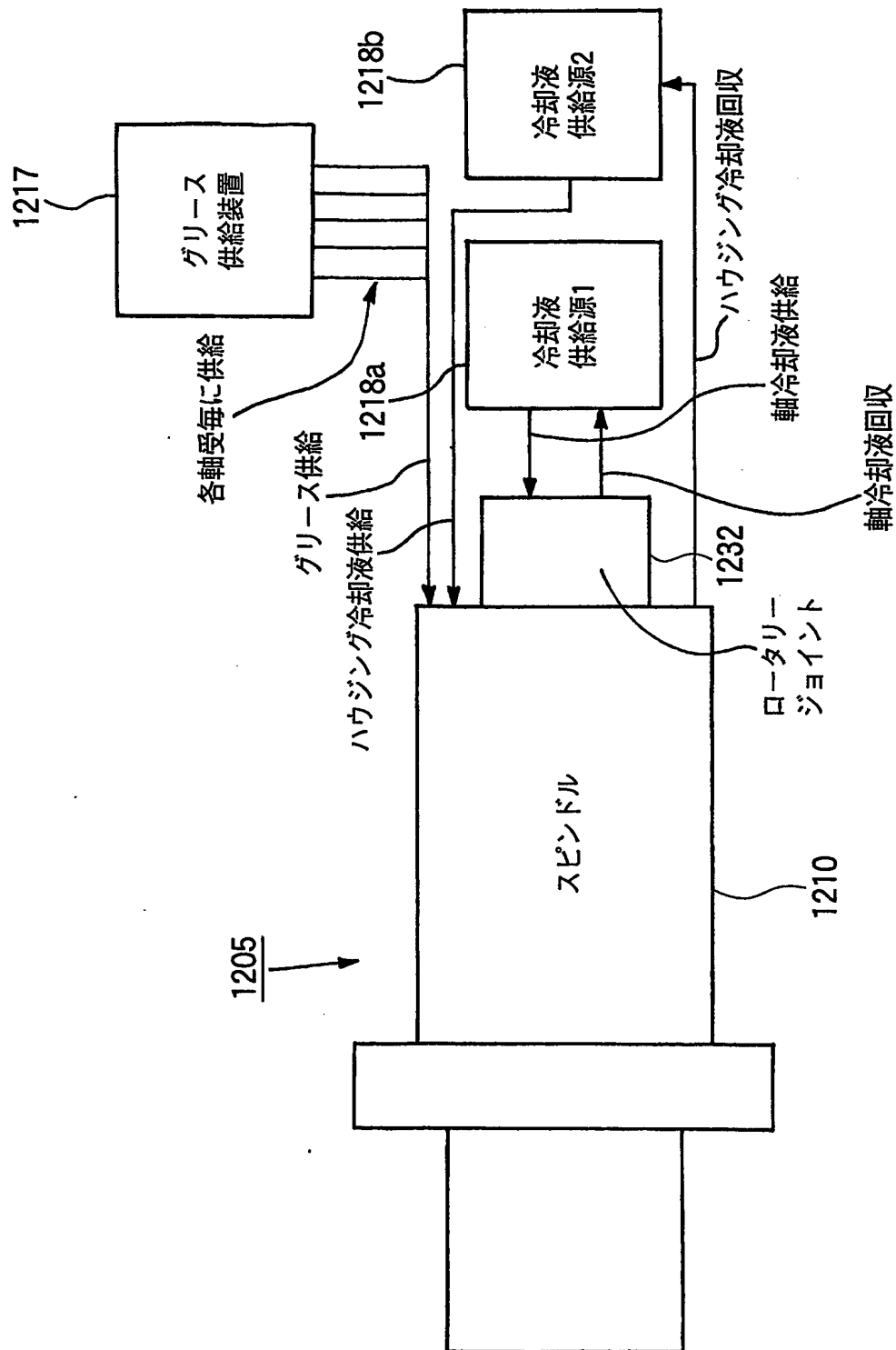




図 84

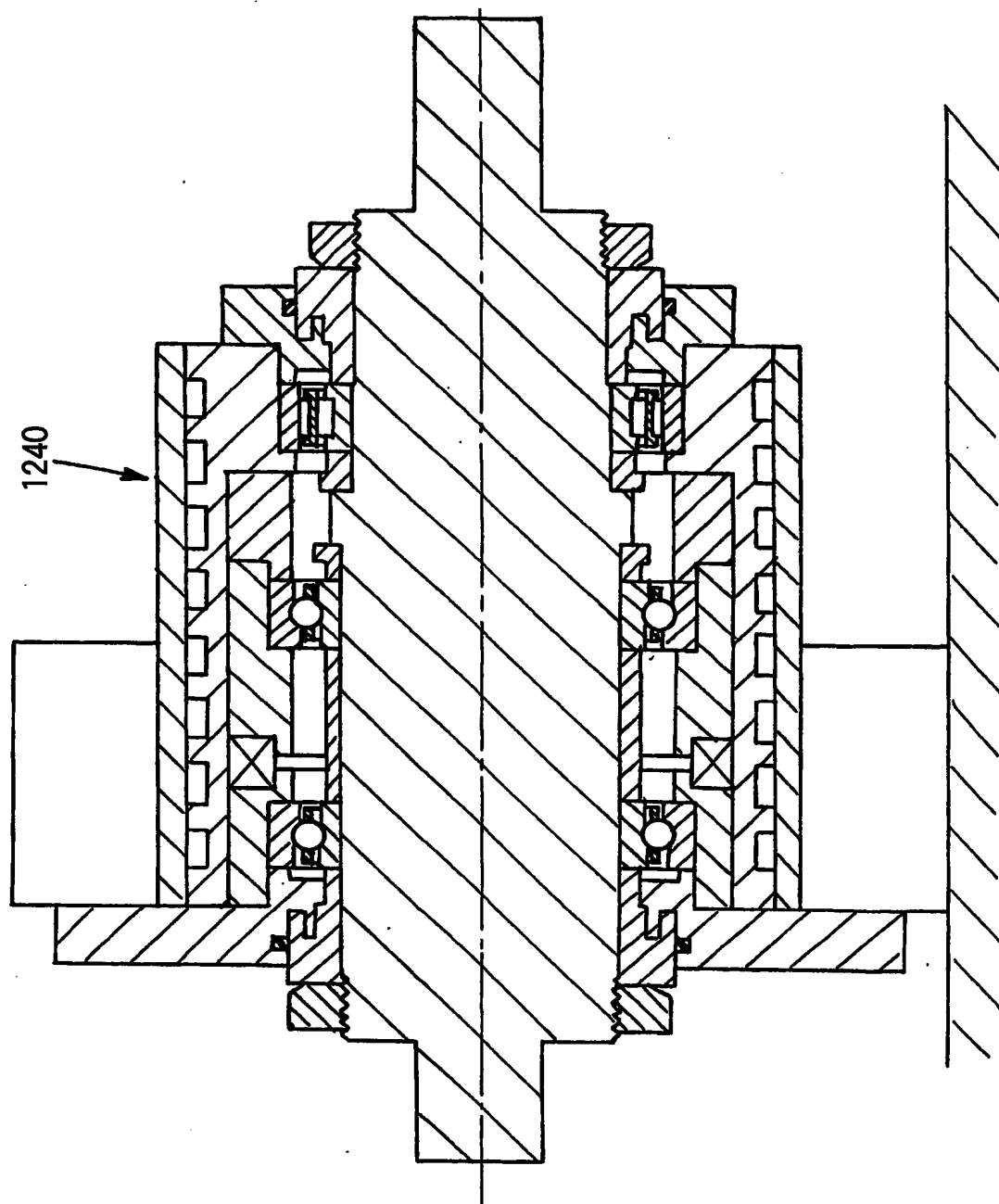
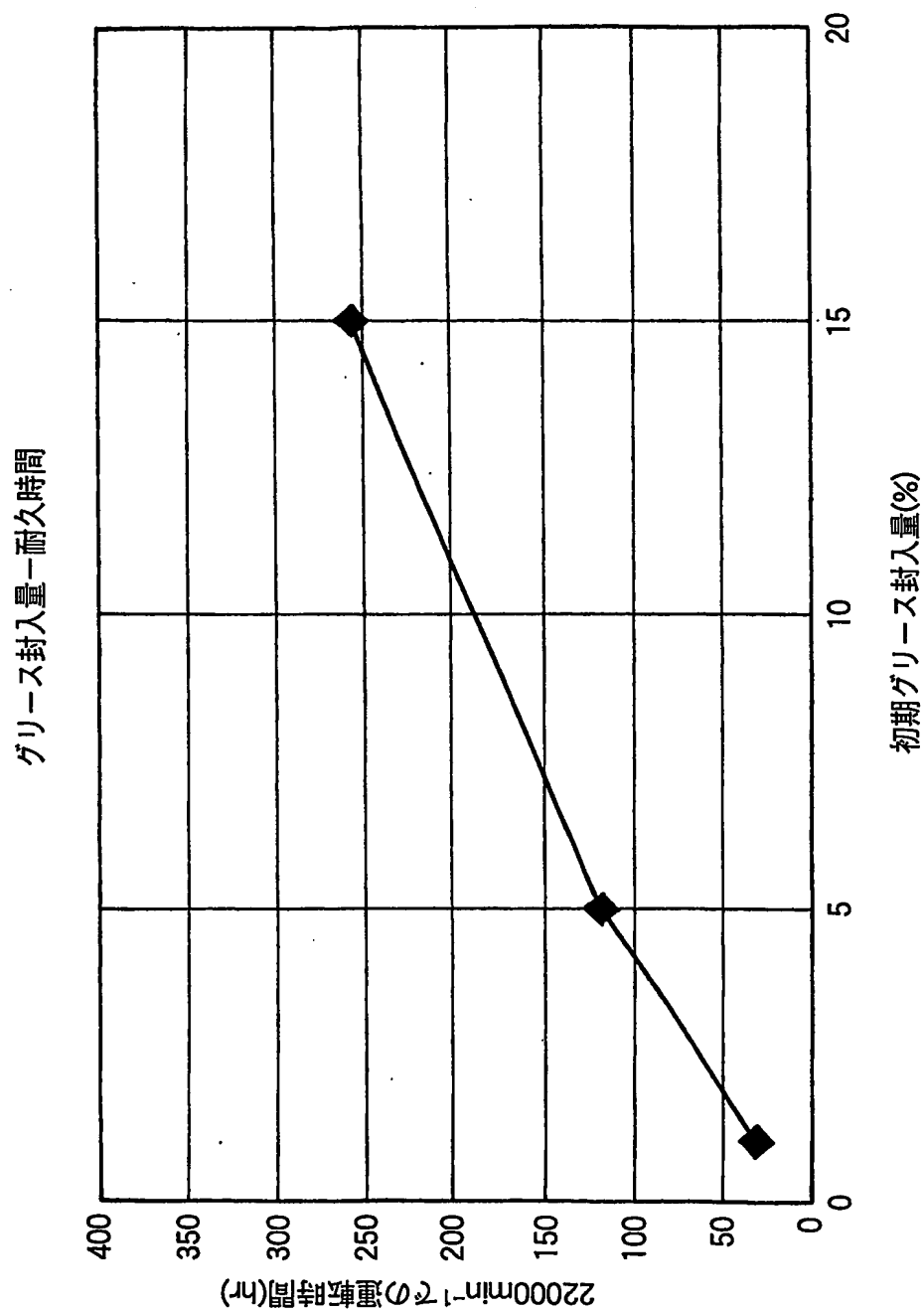


図 85

試験No	1	2	3
定圧予圧荷重(N)	1870	1870	1870
初期グリース封入量(%)	1	5	15
初期グリース封入量(cc)	0.15	0.75	2.25
冷却(冷却油温度)	あり(25℃)	あり(25℃)	あり(25℃)
軸受温度(℃)	42	42	42
耐久時間(hr)	28.5	118.5	260

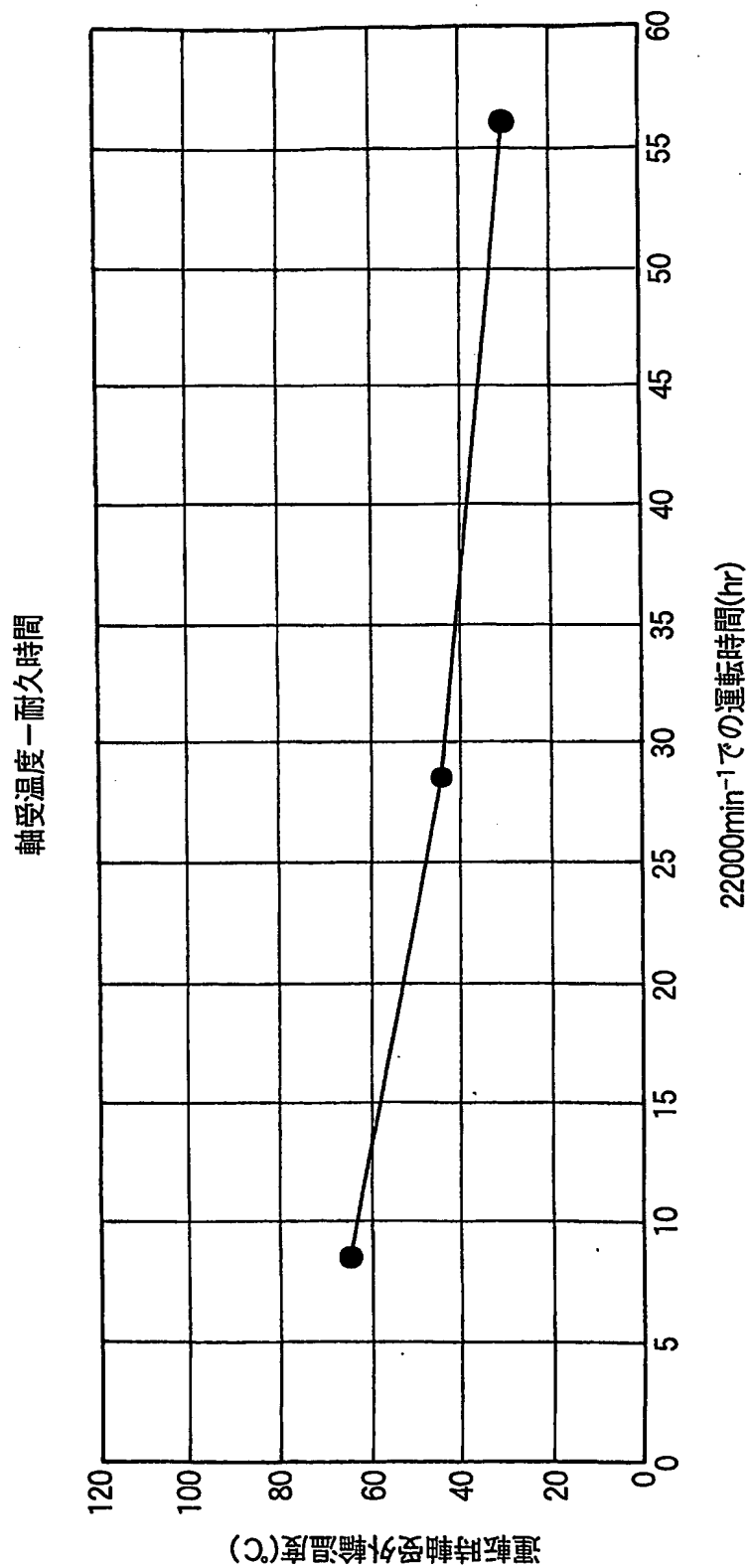
図 86



## 図 87

試験No	1	4	5
定圧予圧荷重(N)	1870	1870	1870
初期グリース封入量(%)	1	1	1
初期グリース封入量(cc)	0.15	0.15	0.15
冷却(冷却油温度)	あり(25℃)	あり(20℃)	なし
軸受温度(℃)	42	30	62
耐久時間(hr)	28.5	56	8

図 88

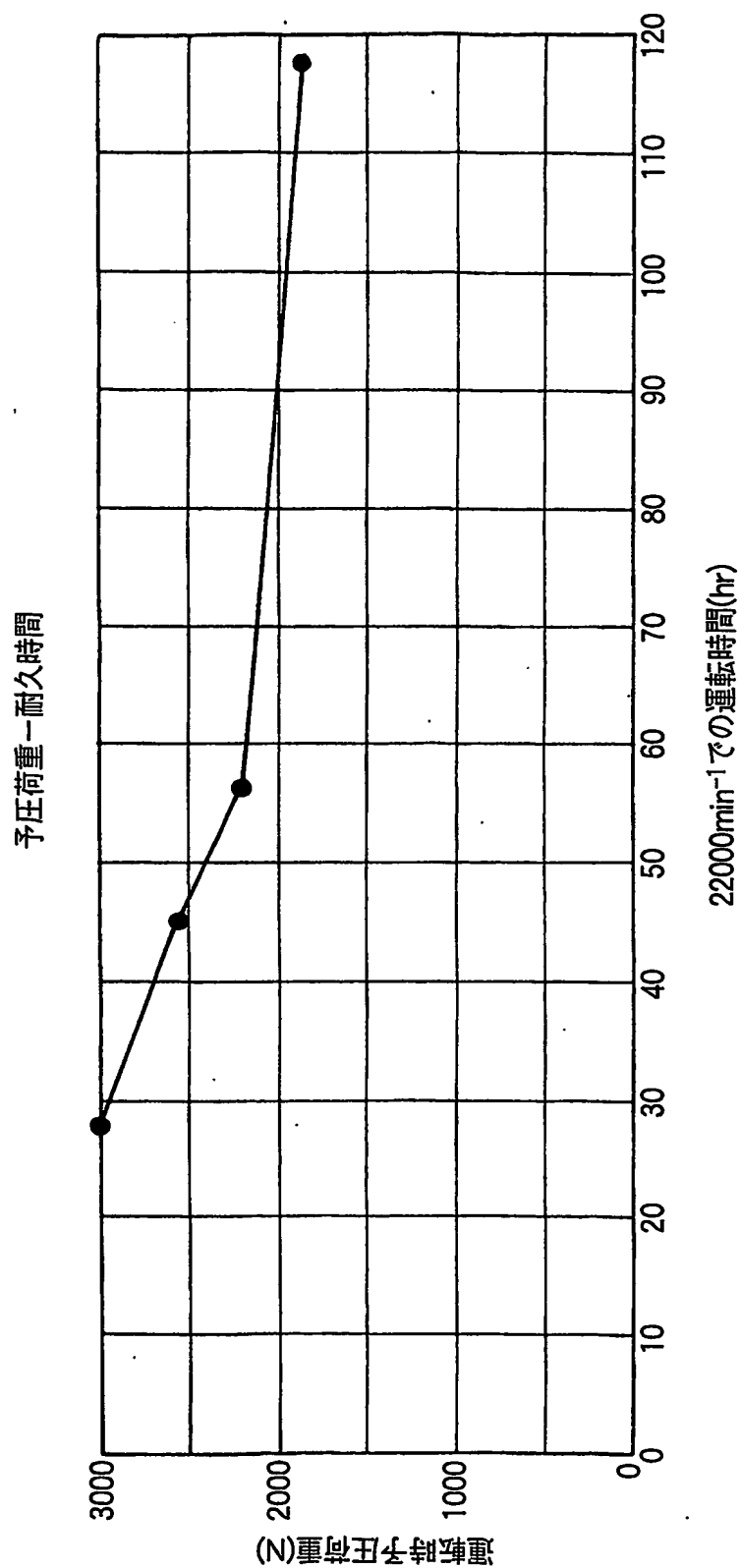


## 図 89

試験No	2	6	7	8
定圧予圧荷重(N)	1870	2200	2600	3000
初期グリース封入量(%)	5	→	→	→
初期グリース封入量(cc)	0.75	→	→	→
冷却(冷却油温度)	あり(25℃)	→	→	→
軸受温度(℃)	42	→	→	→
耐久時間(hr)	118.5	56	45	29



図 90



80/110

図 91

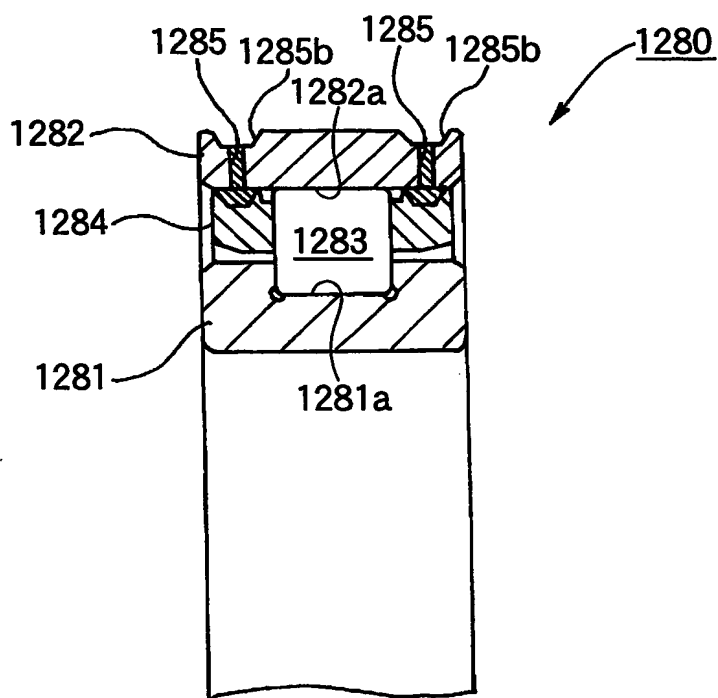


図 92

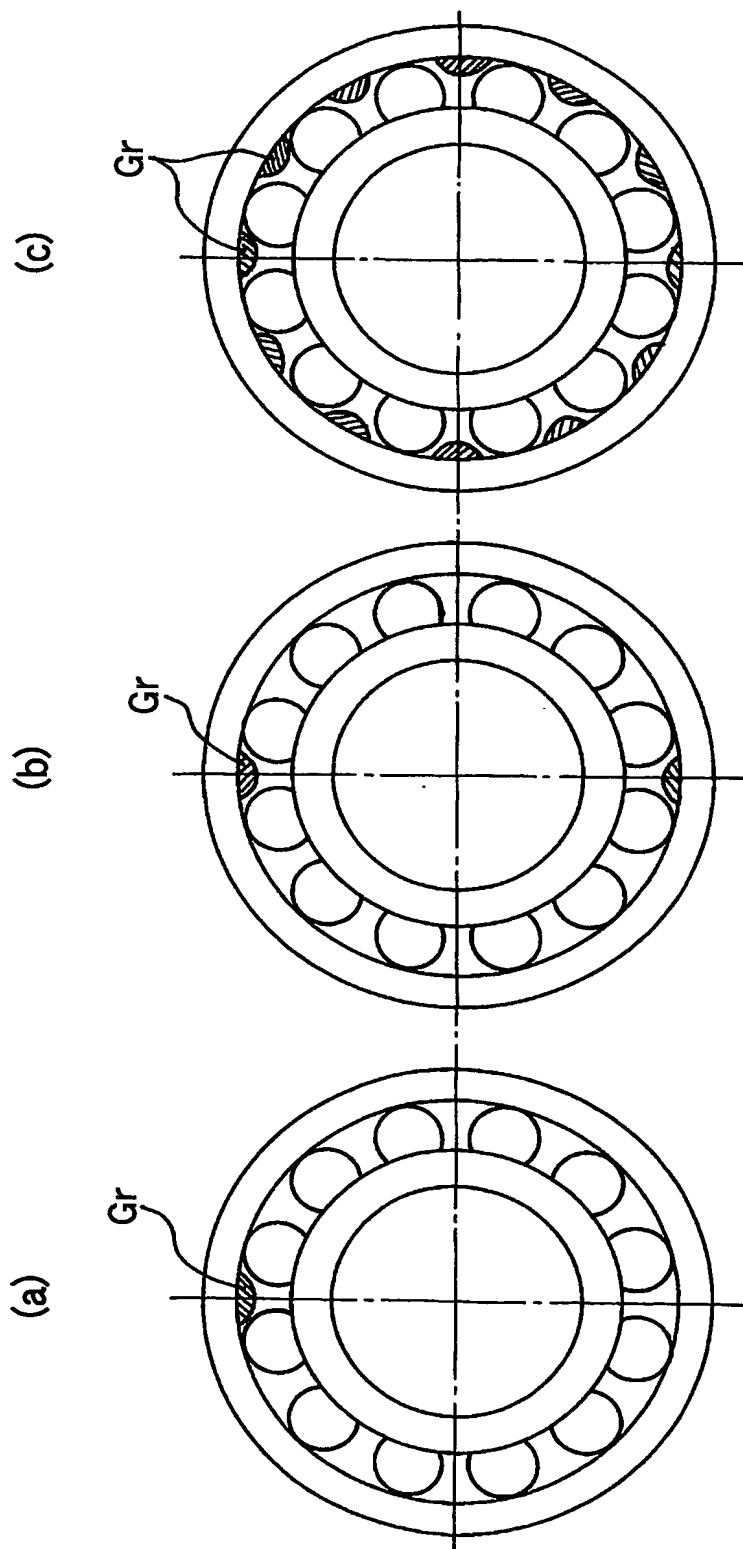


図 93

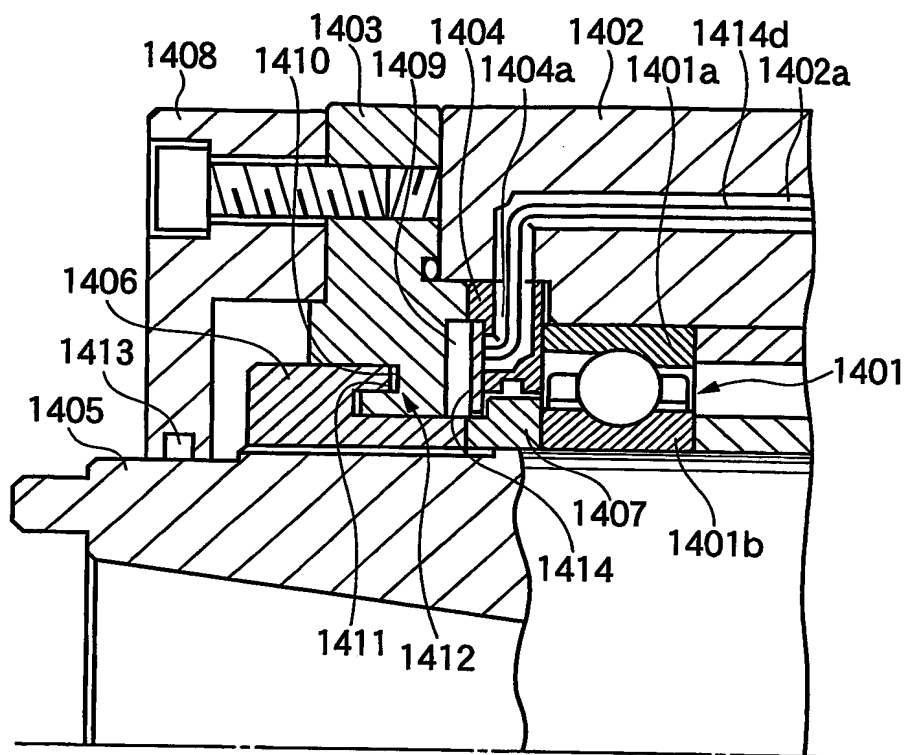


図 94

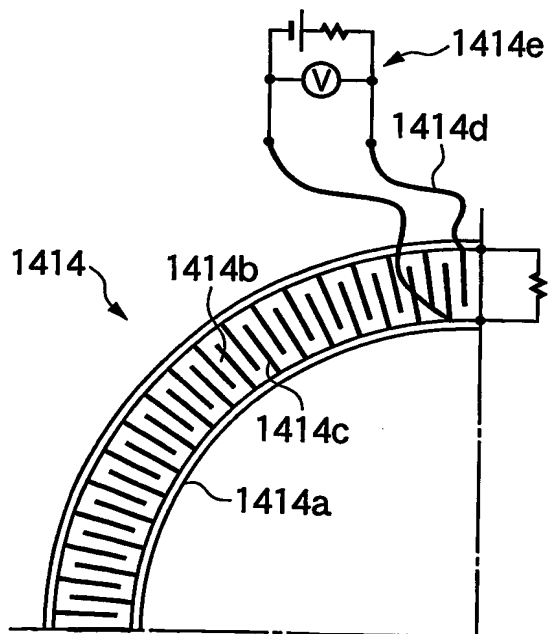


図 95

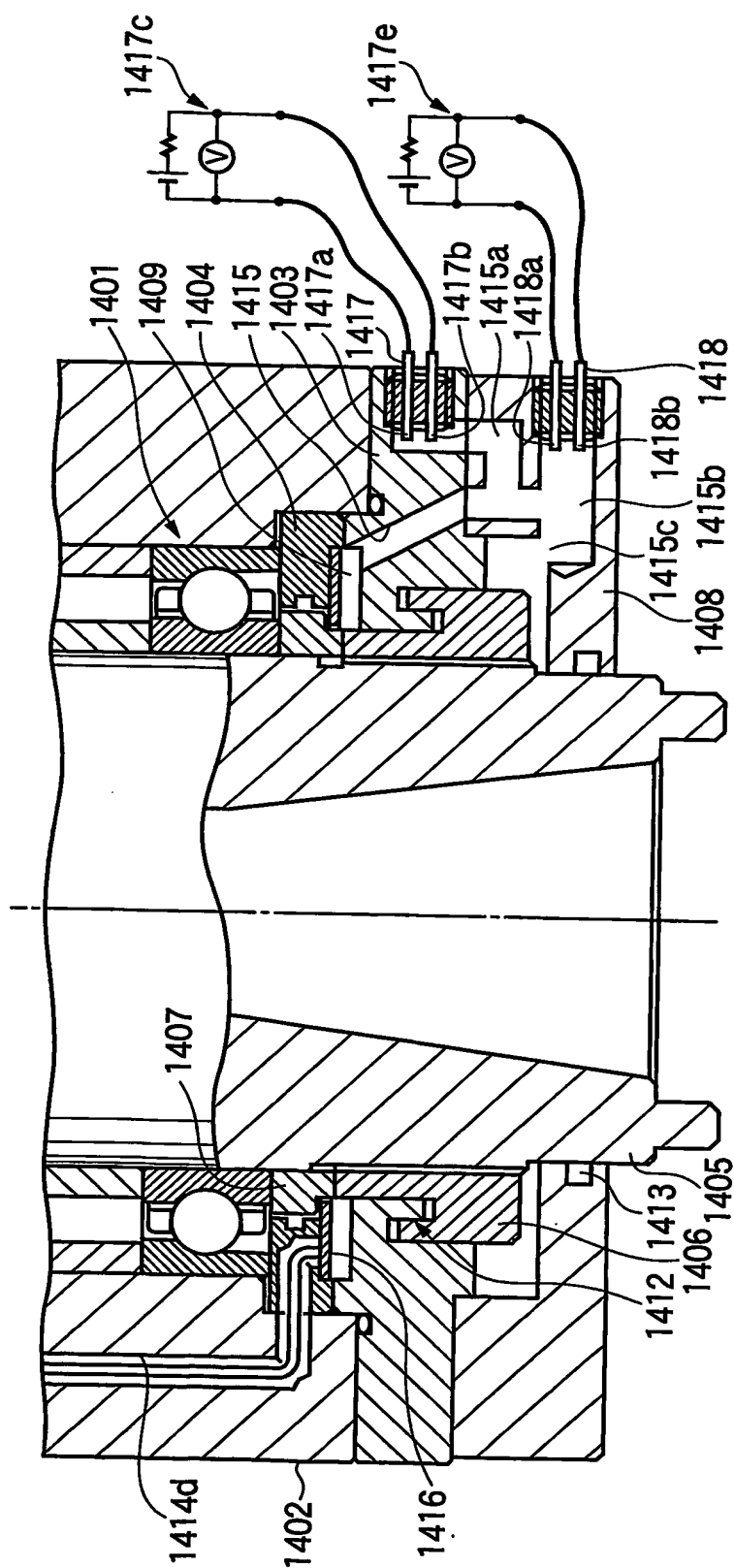


図 96

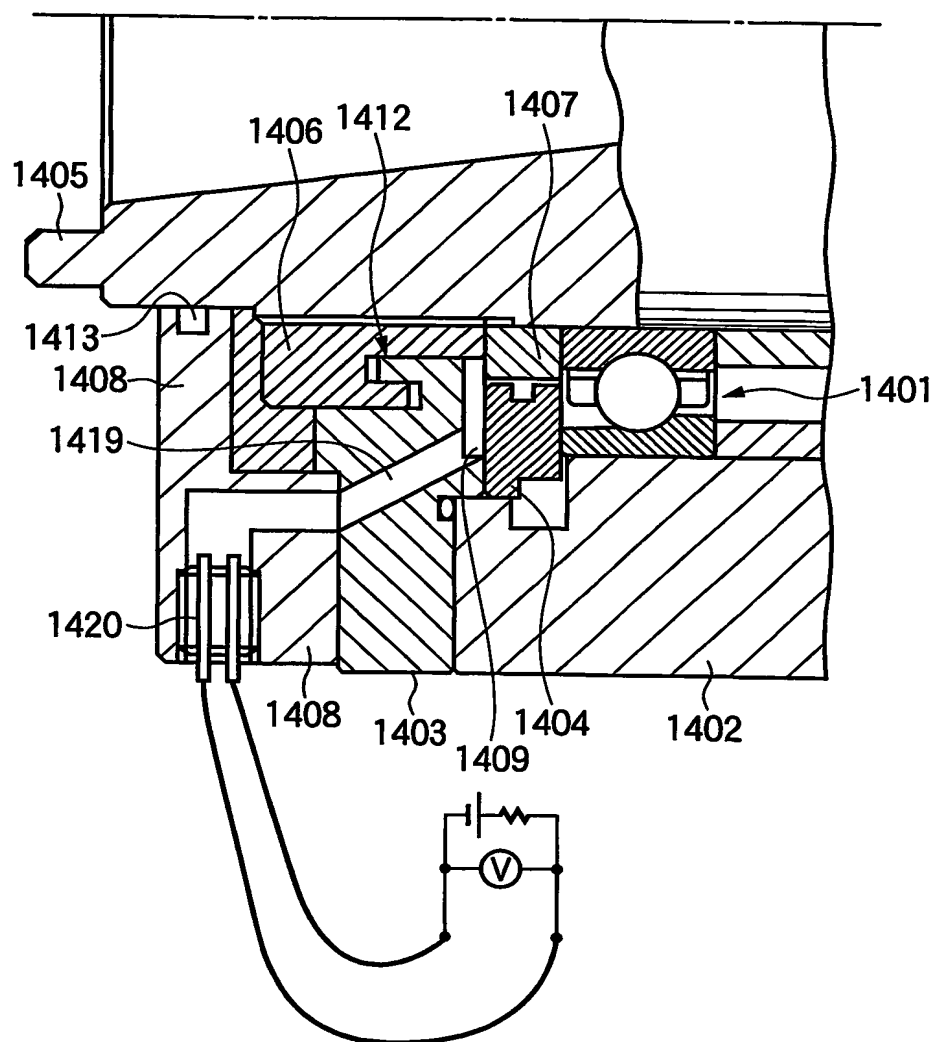


図 97

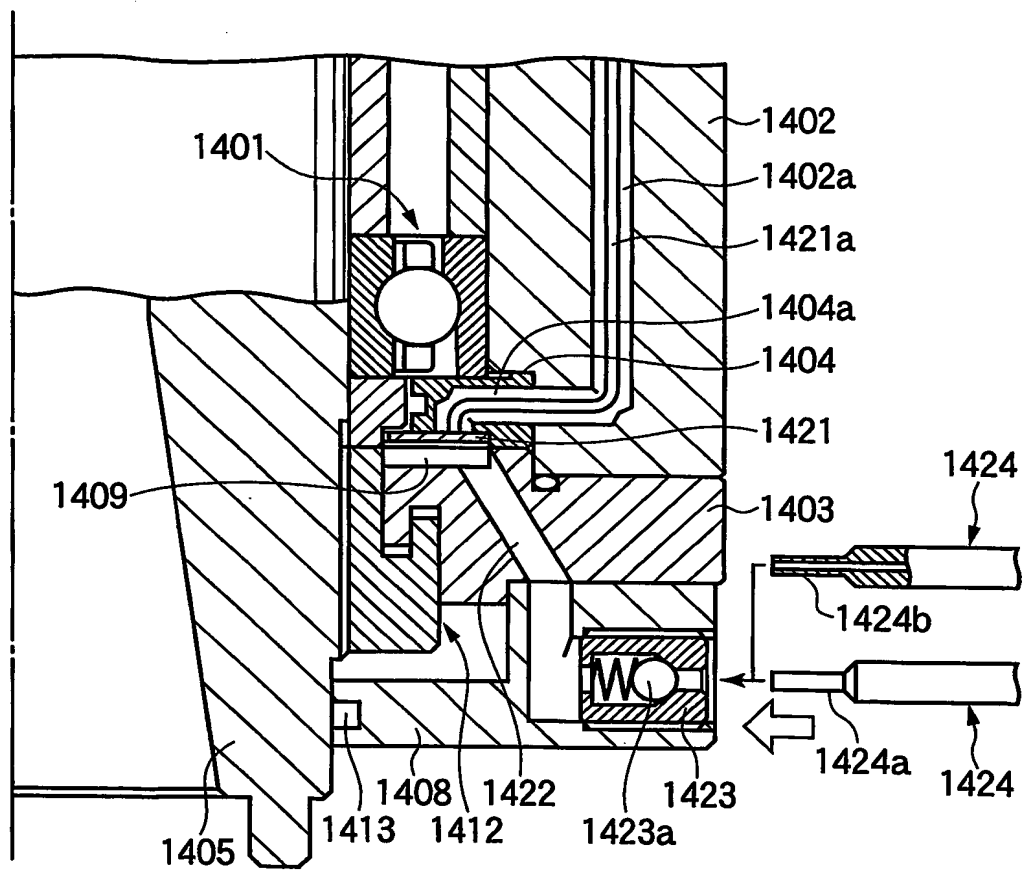


図 98

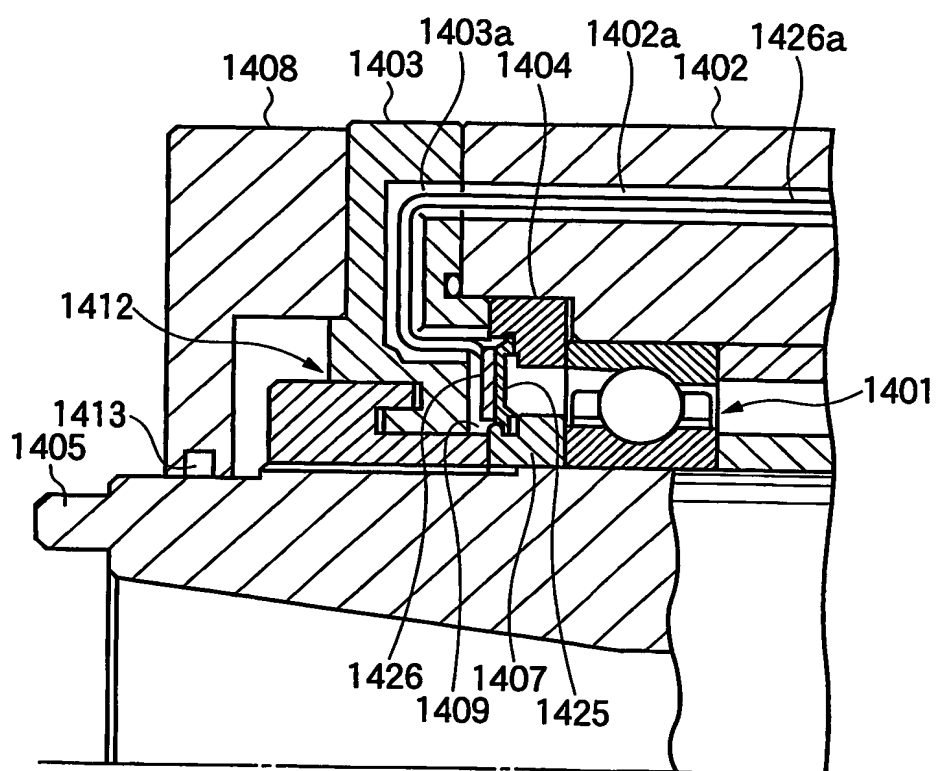




図 99

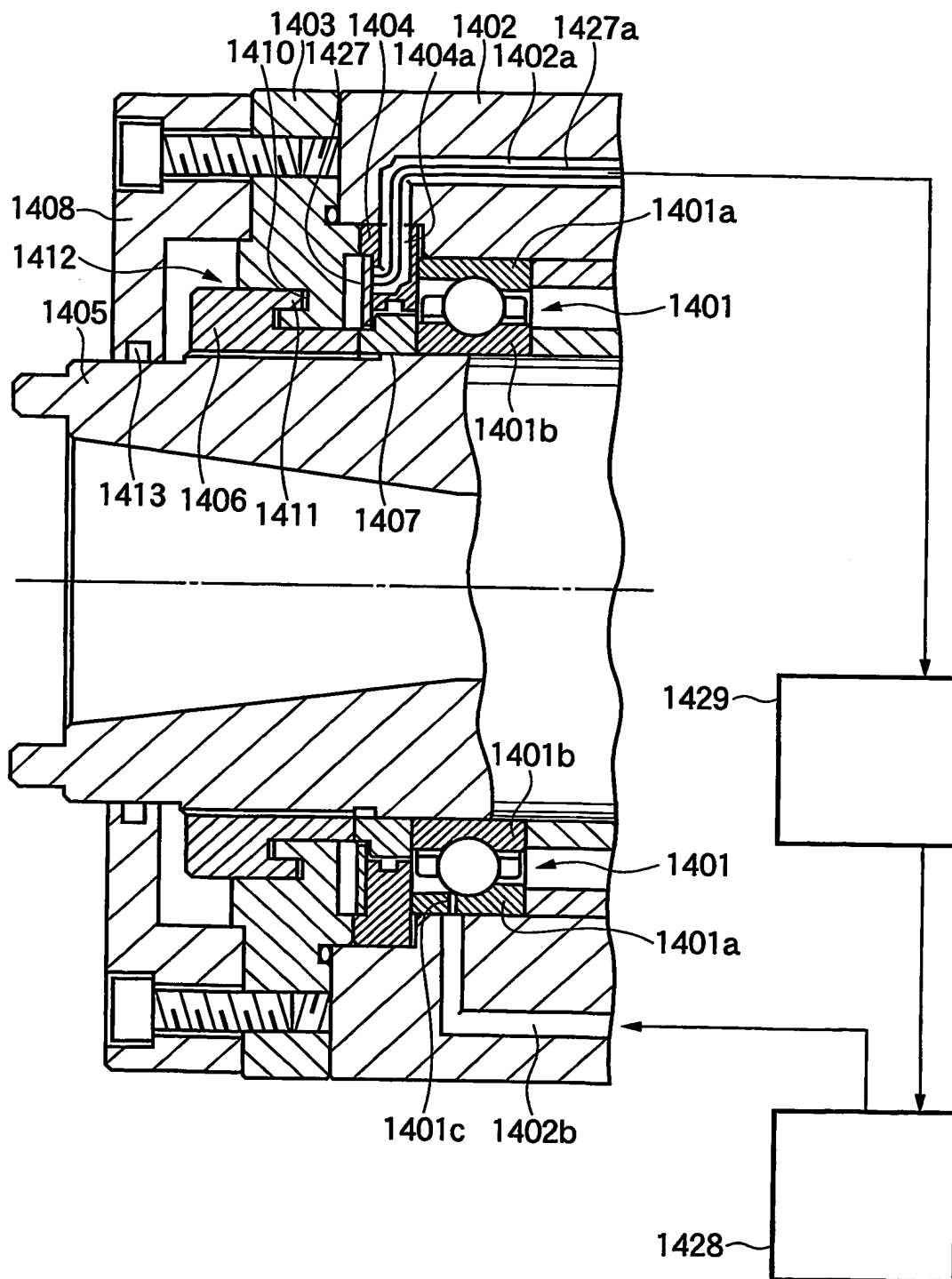


図 100

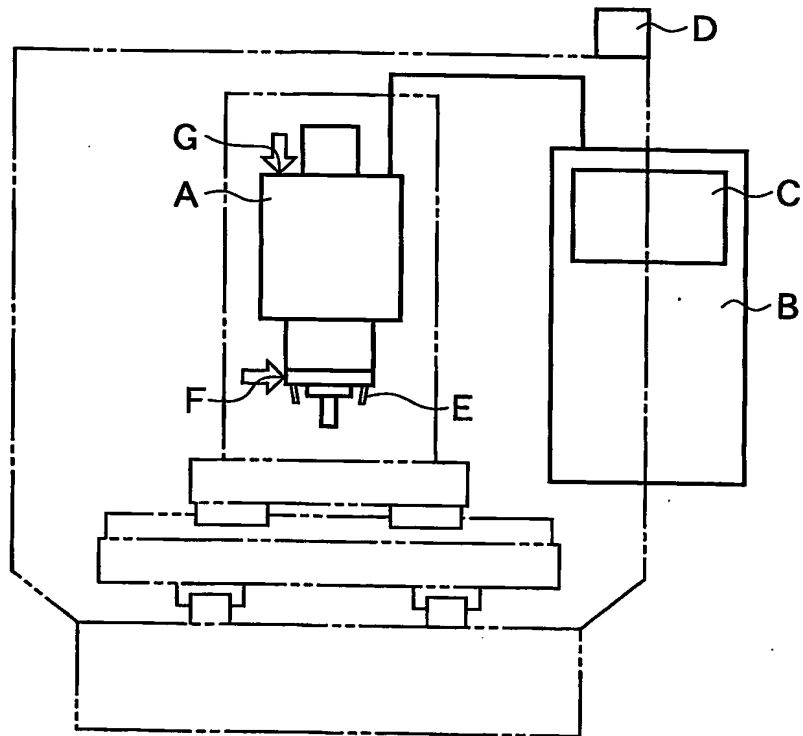


図 101

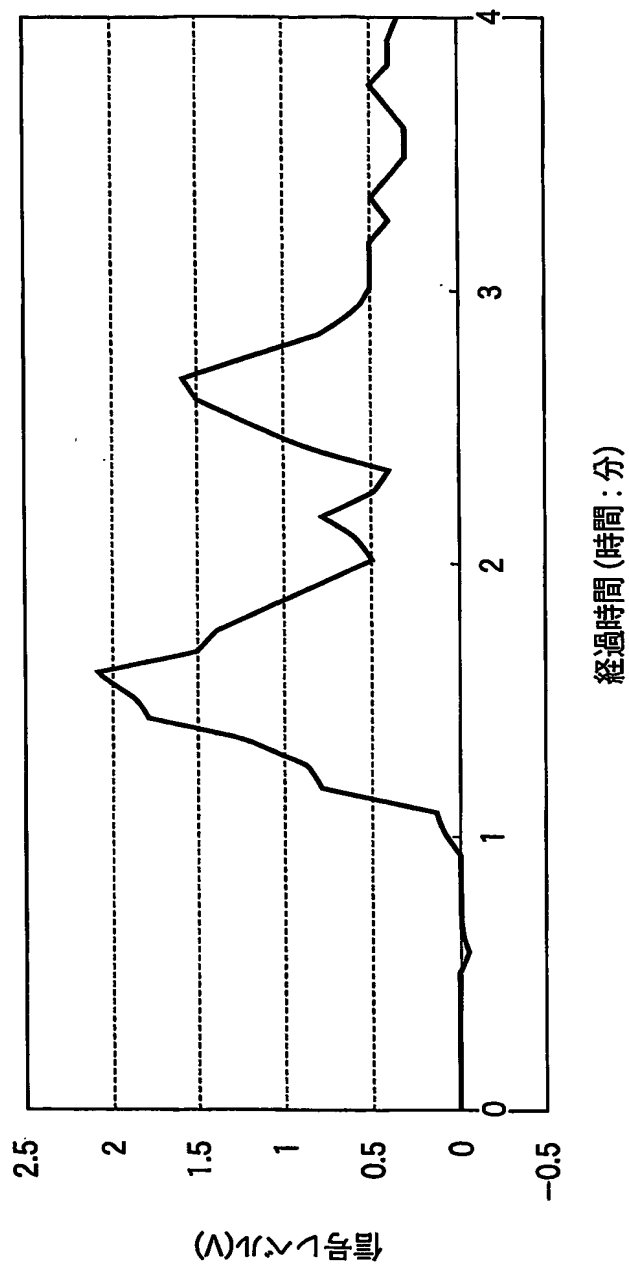


図 102

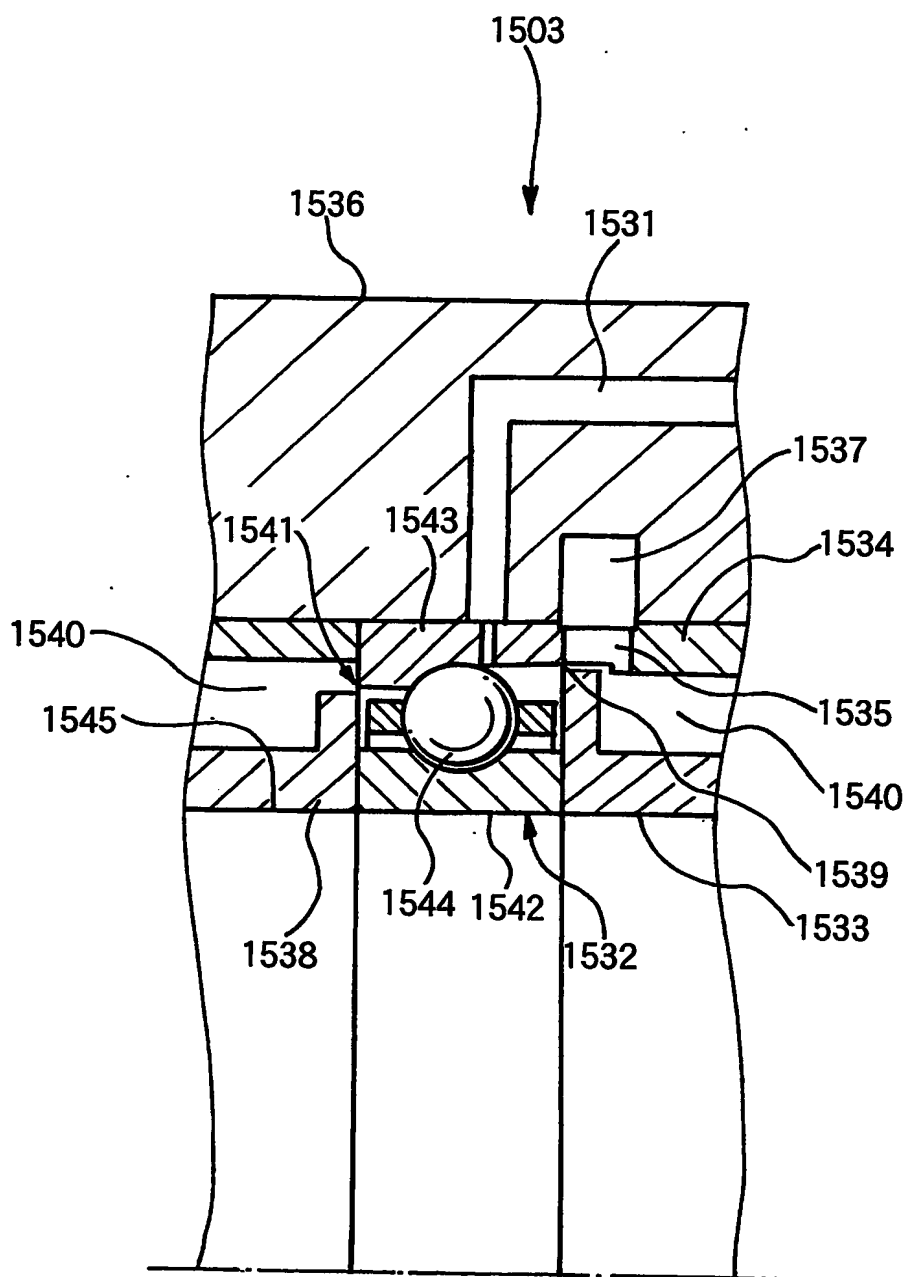


図 103

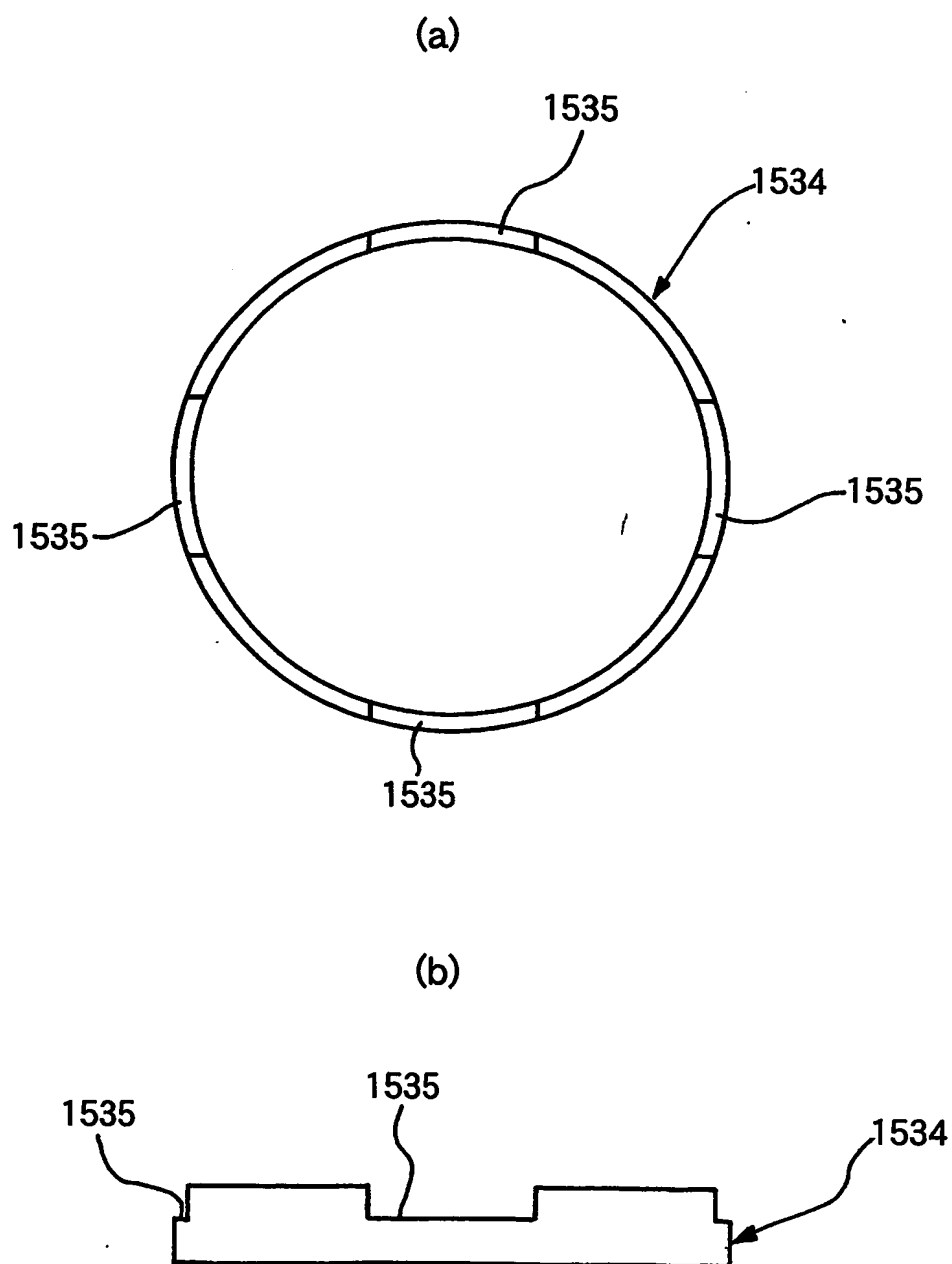


図 104

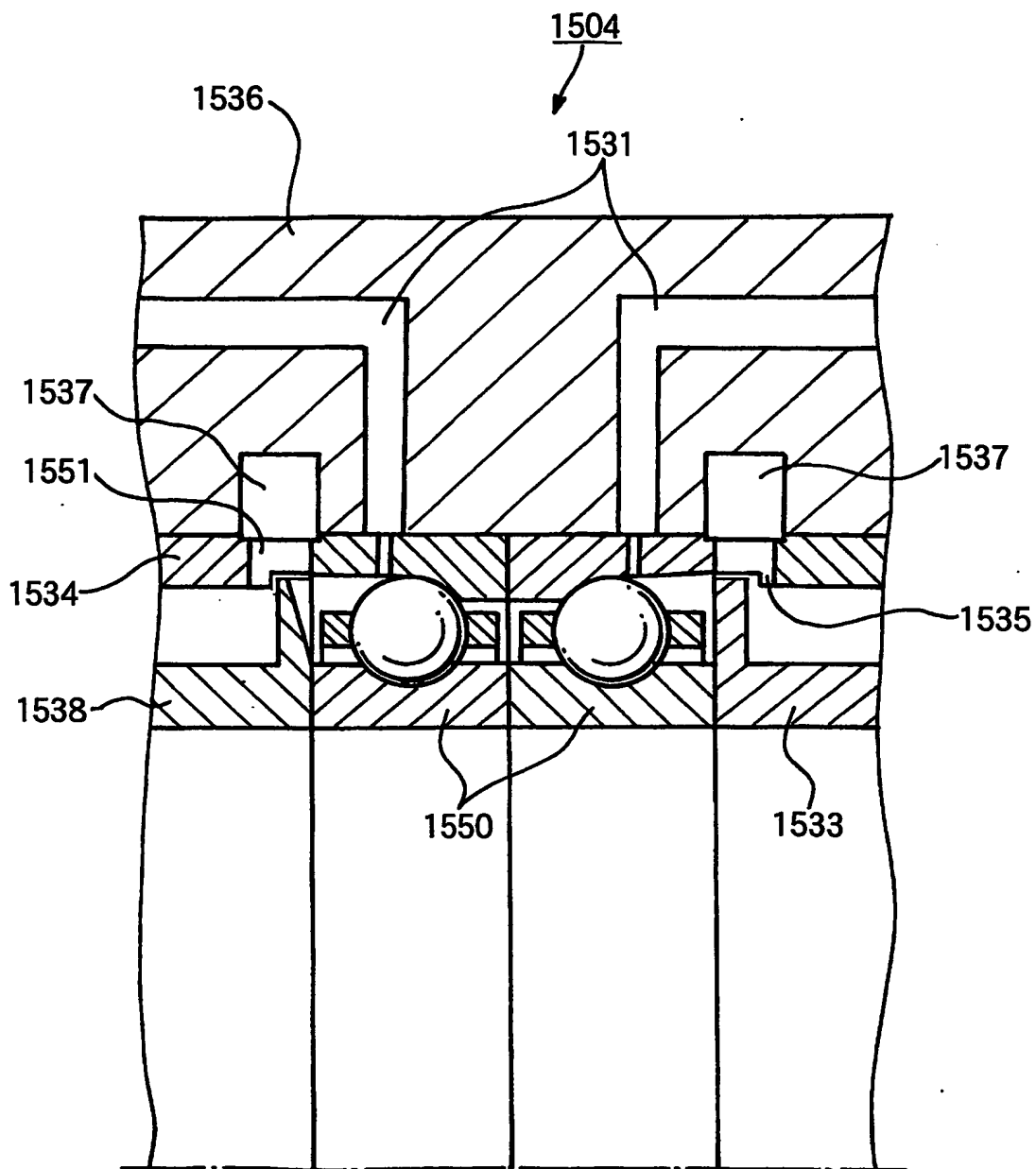
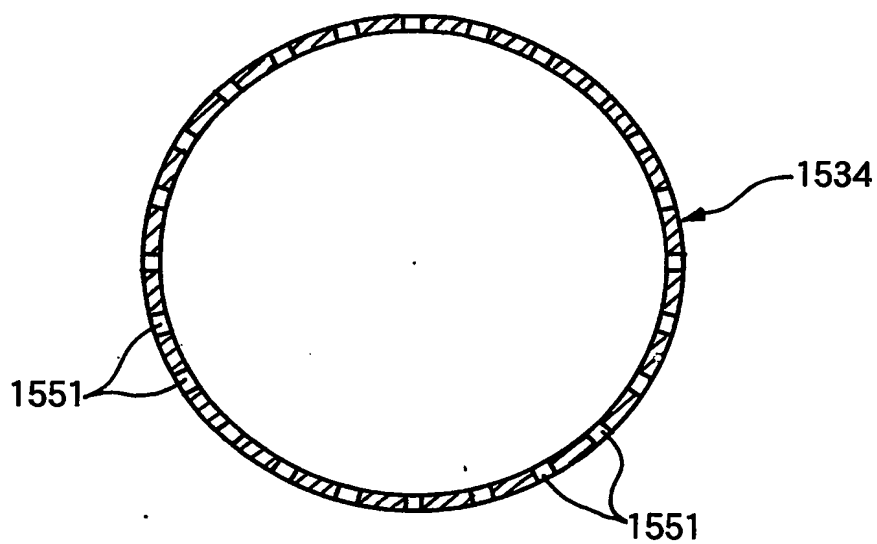


図 105

(a)



(b)

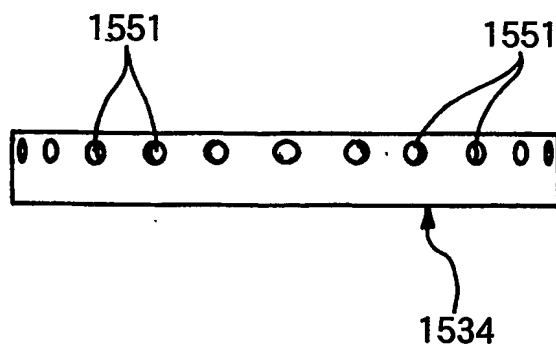


図 106

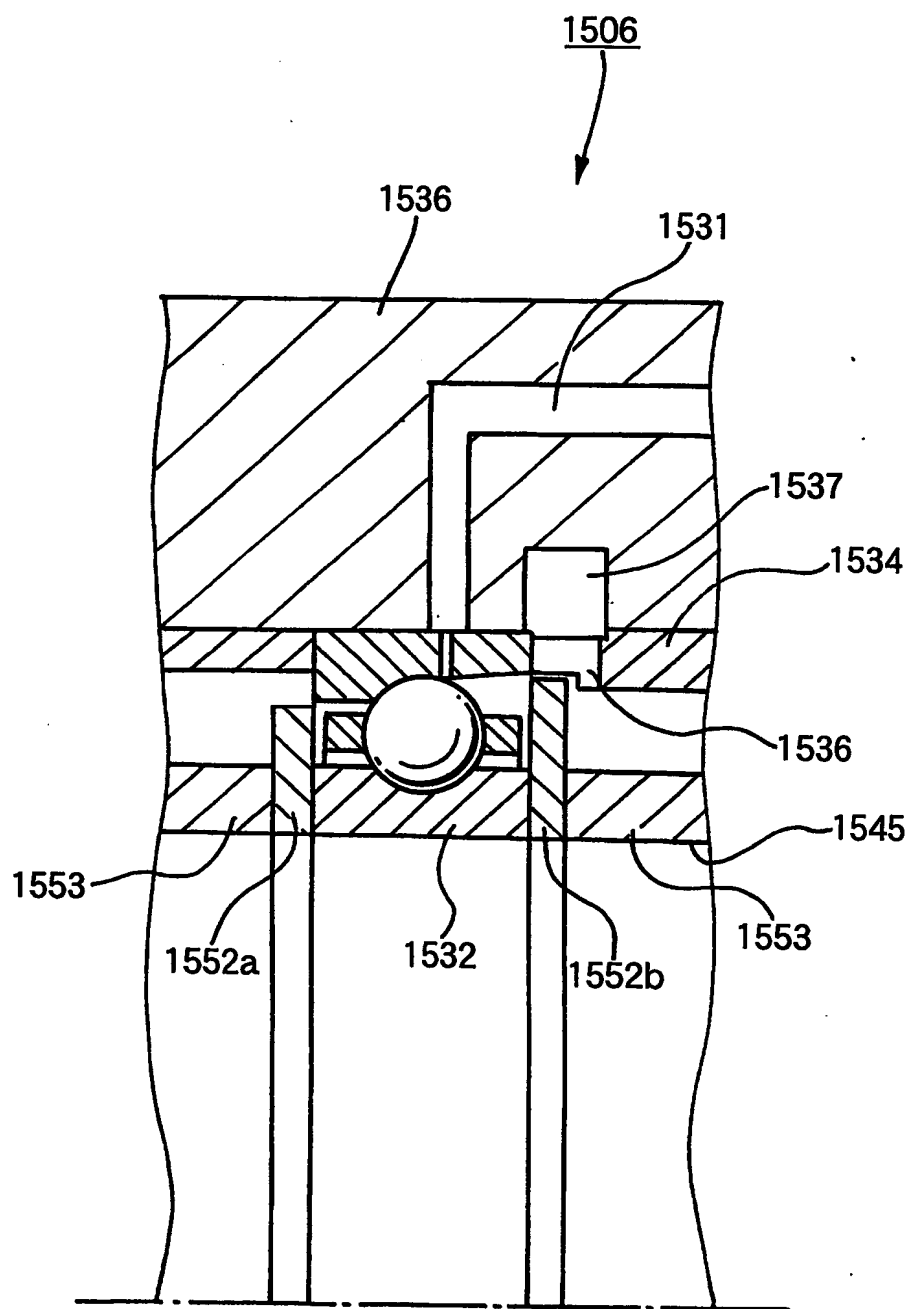




図 107

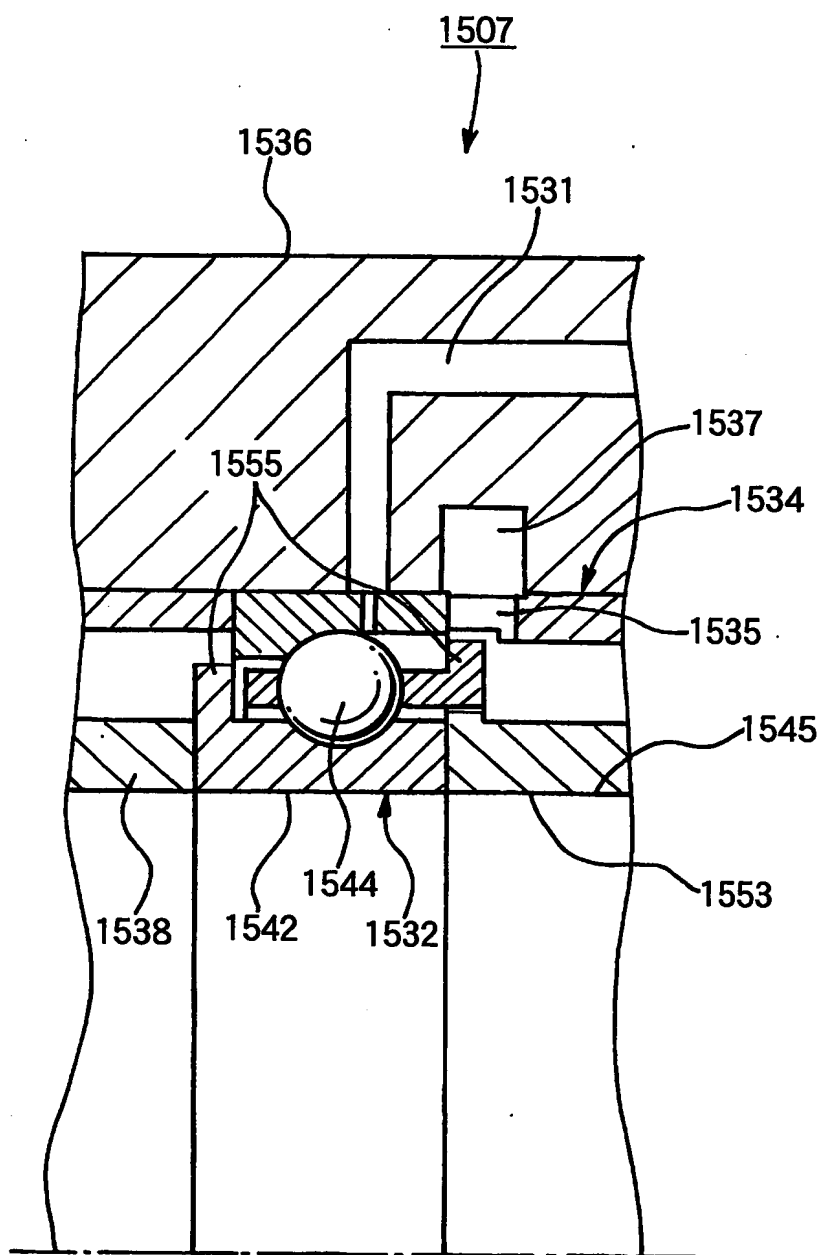


図 108

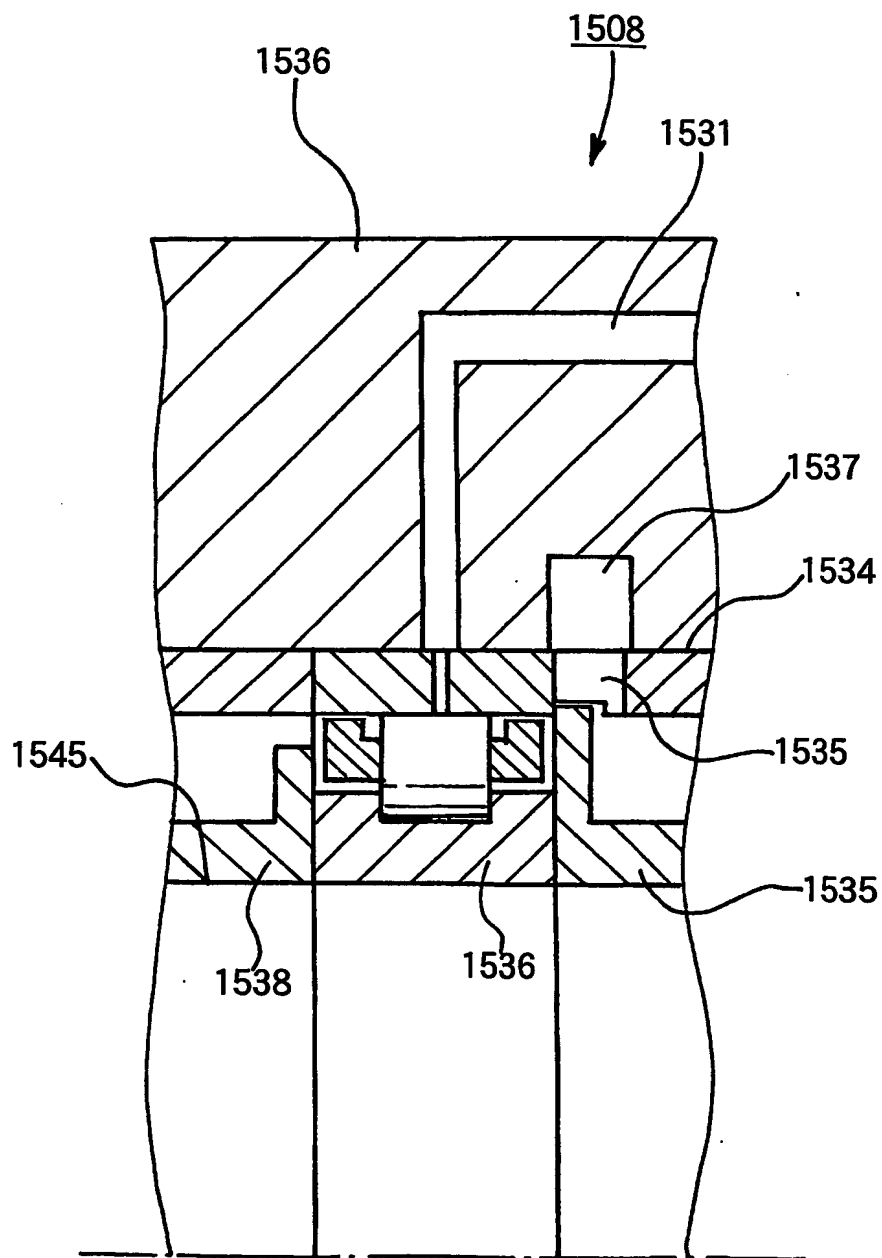


図 109

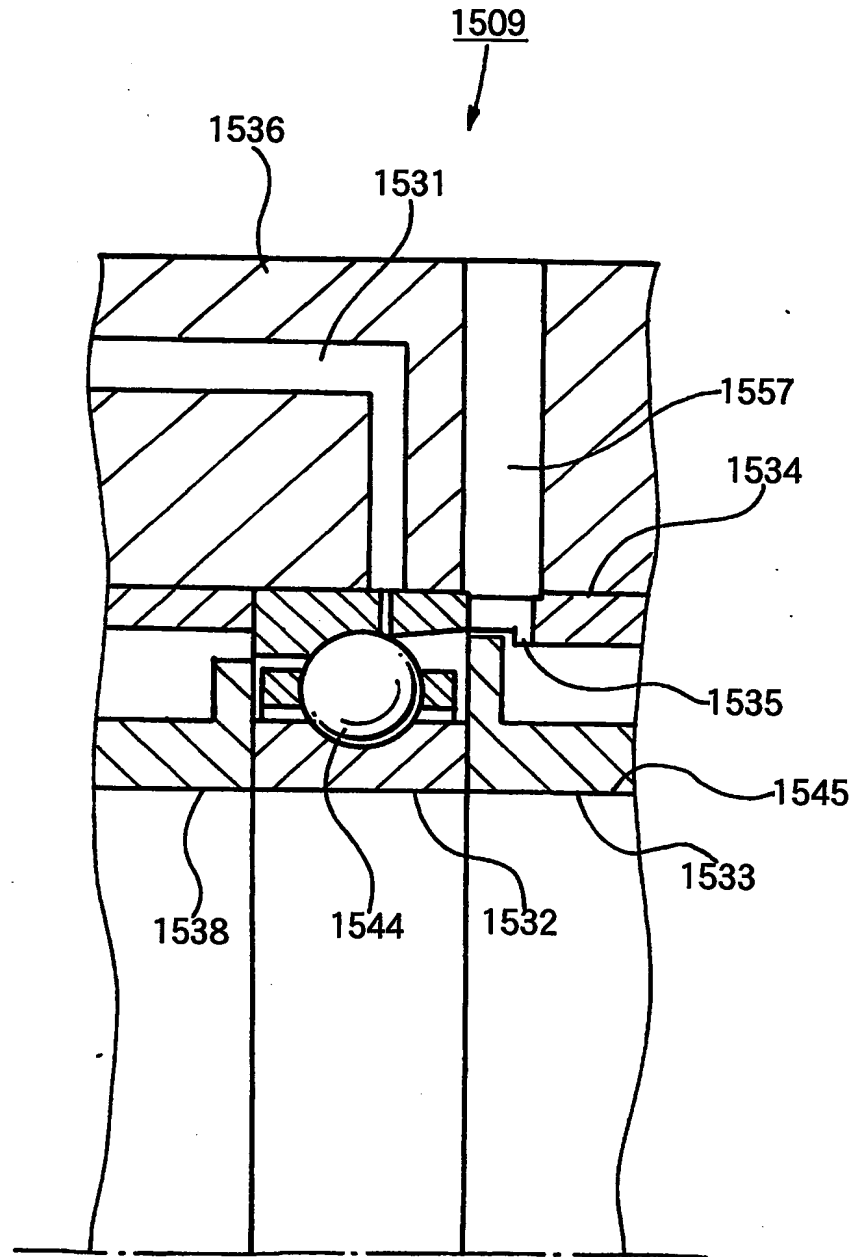


図 110

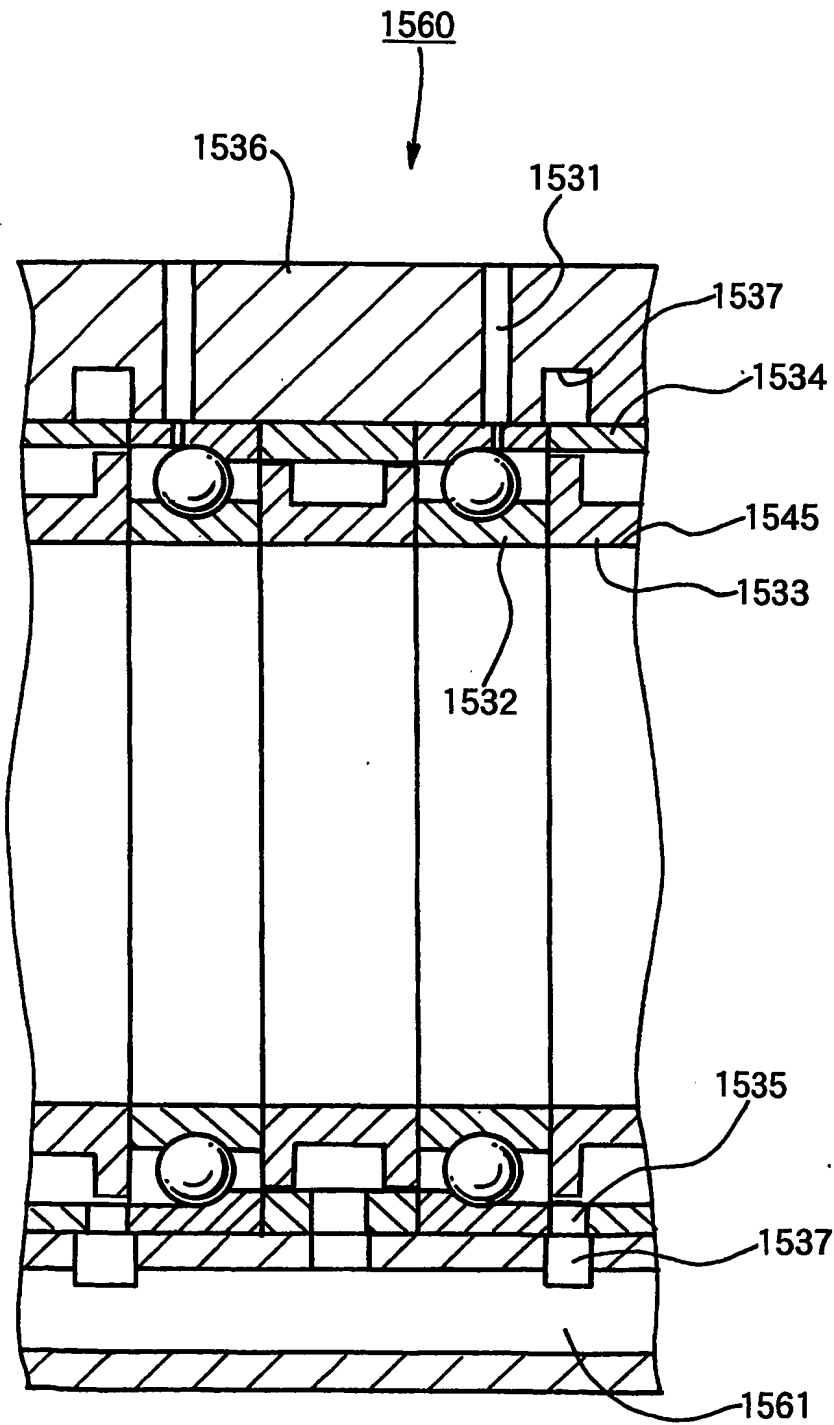
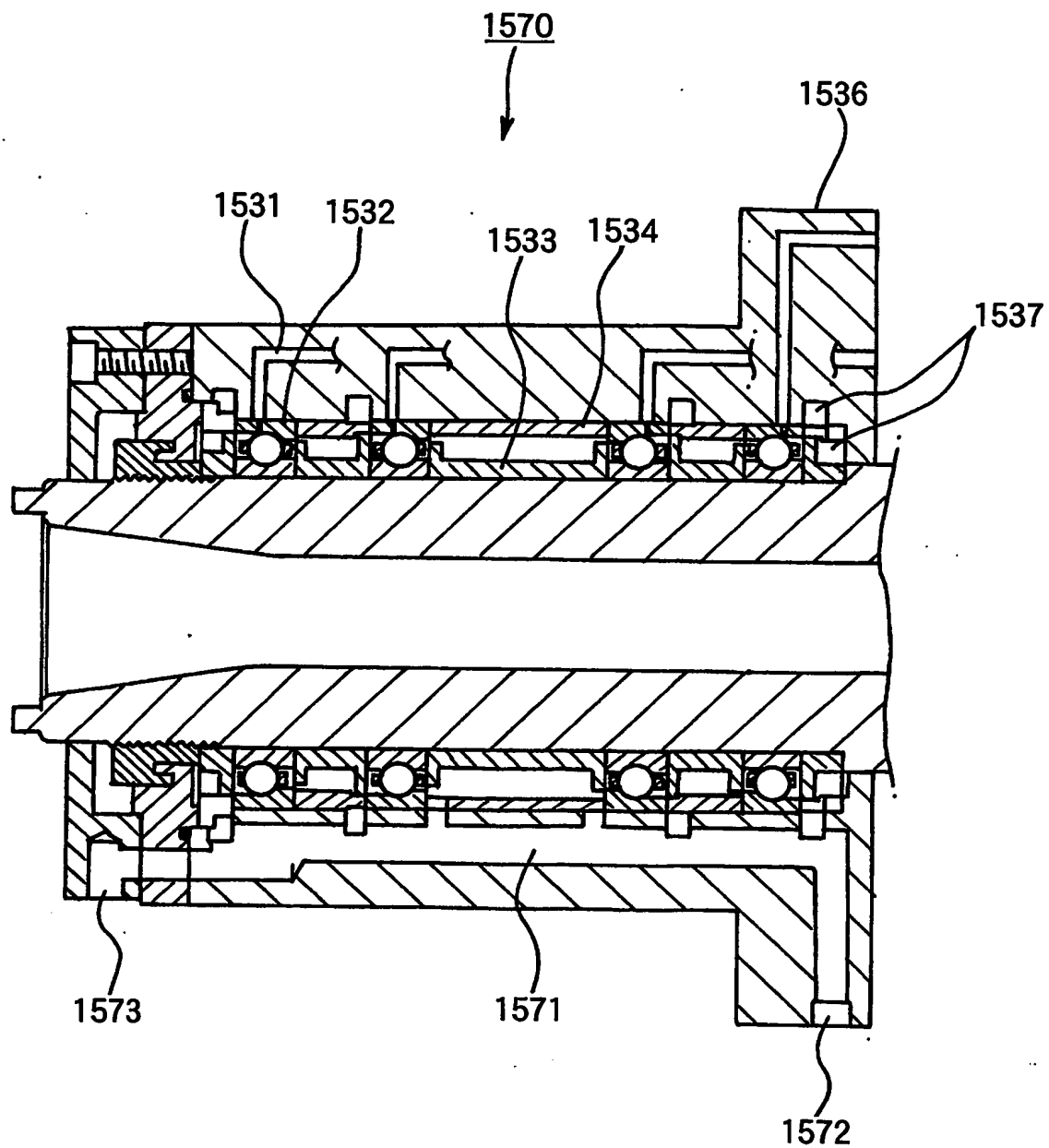


図 111



## 図 112

(a)

	従来	本発明
連続運転時間	45時間で異常昇温	100時間後も異常昇温なし
軸受内部 グリース残存量	軸受空間容積の 70%残存	軸受空間容積の 30~40%残存

(b)

軸受内径	65mm
主軸回転数	20000回転/分
試験時間	100時間
潤滑材	潤滑材：グリース初期封入量：軸受空間容積の15%
	供給量：0.02cc/7.5分（軸受1個あたり）

図 113

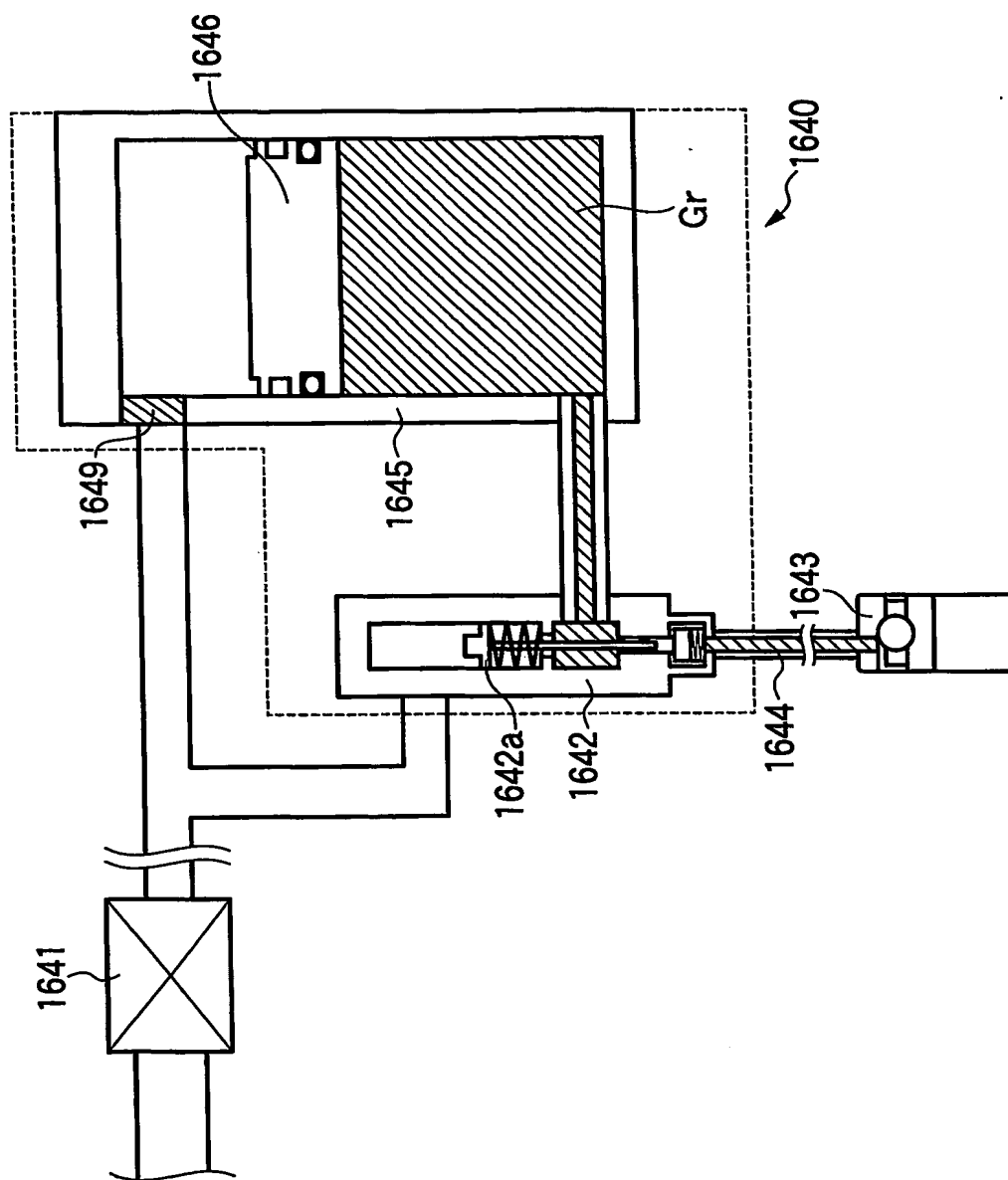


圖 114





図 115

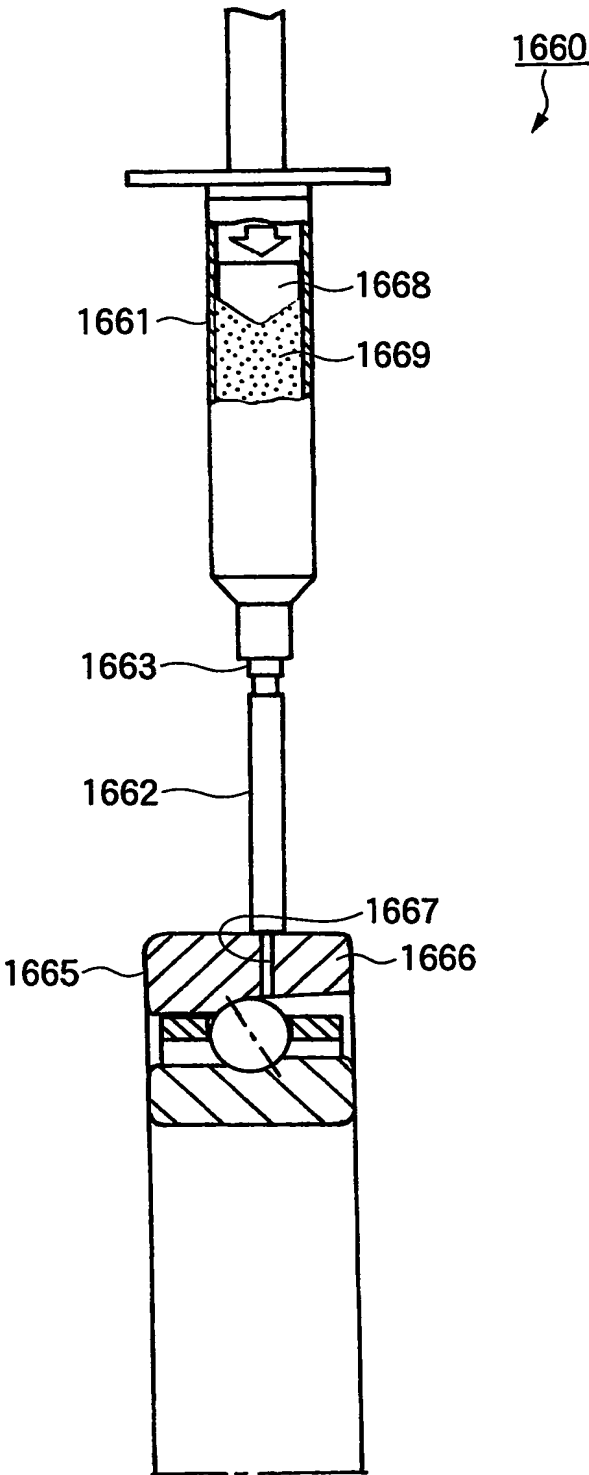


図 116

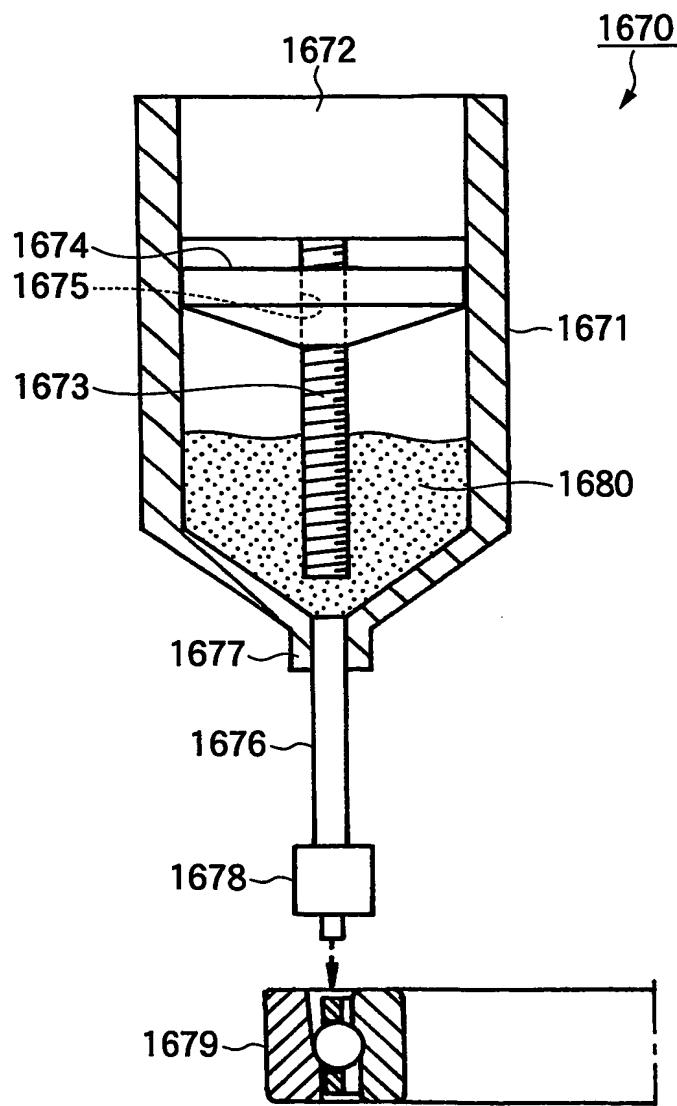
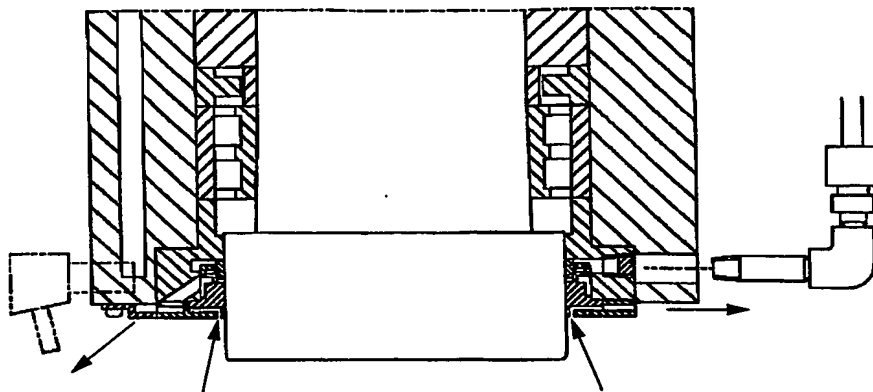
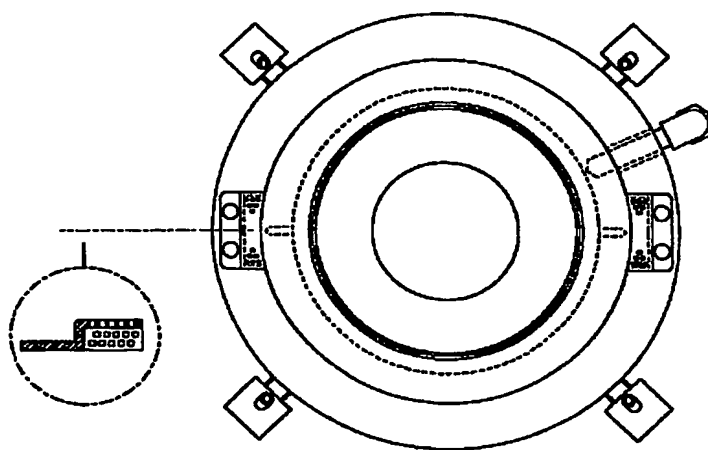


図 117

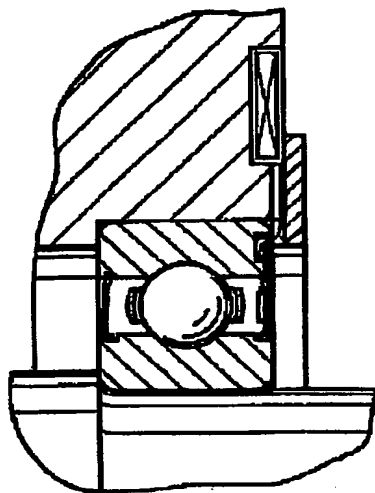


(a)

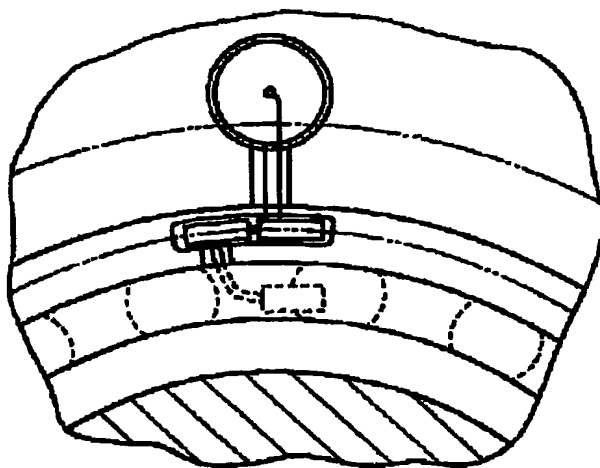


(b)

図 118



(a)



(b)

図 119

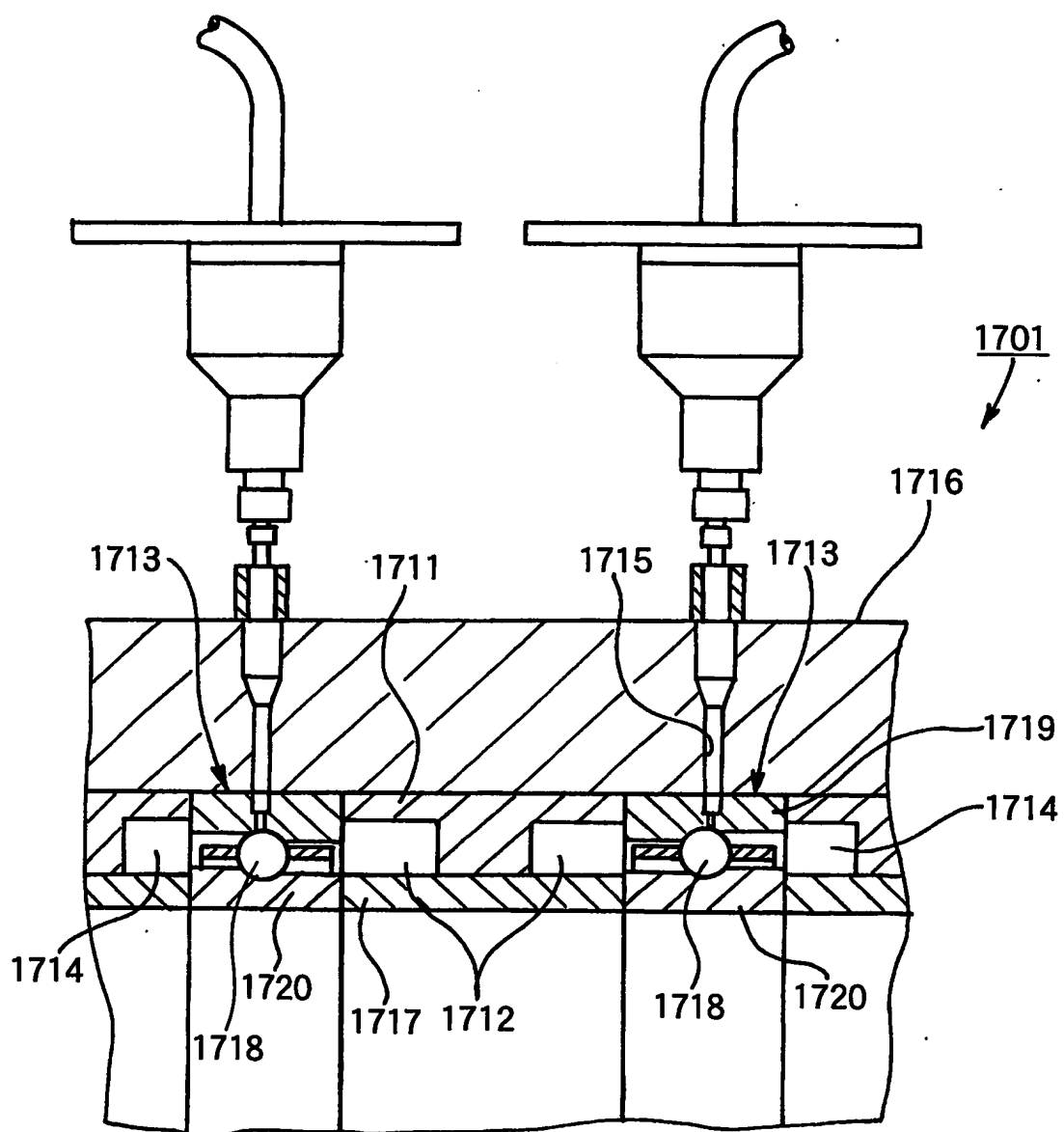


図 120

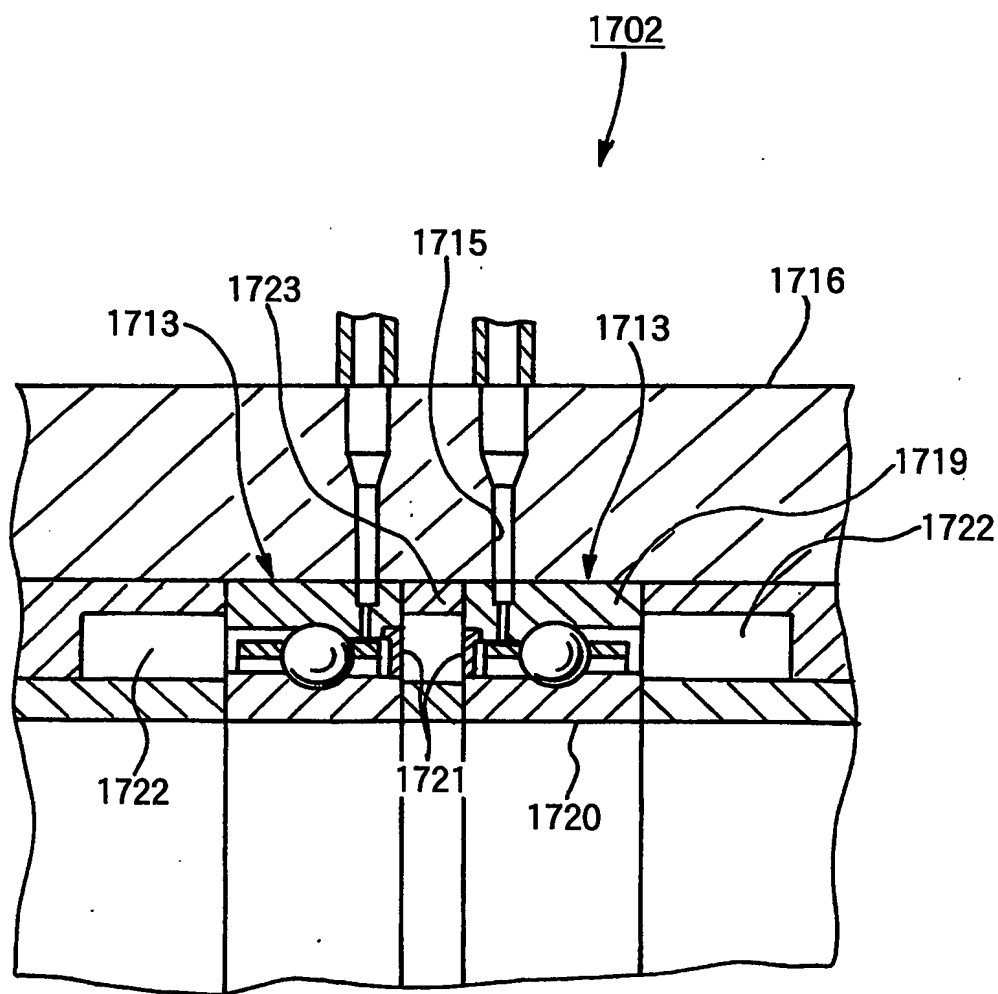
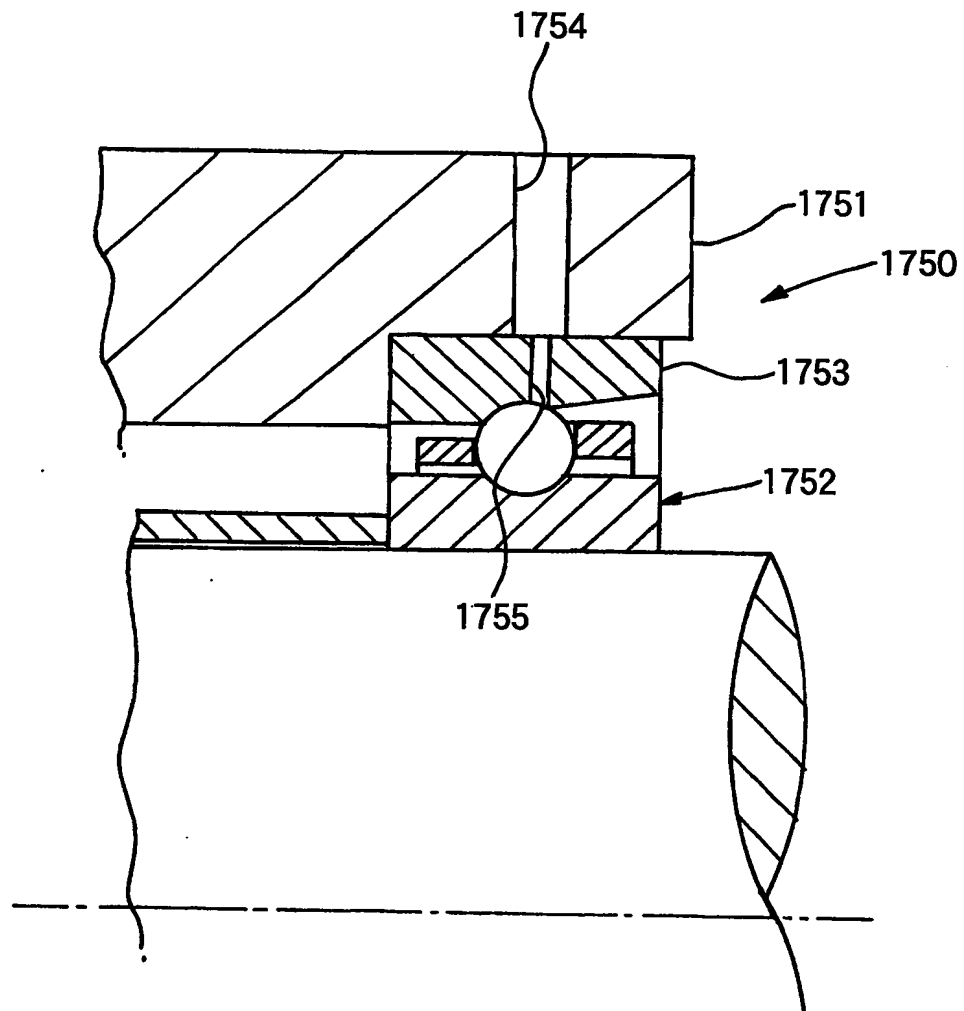


図 121



## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO3/09612

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. <sup>7</sup> F16C33/66, 33/58, 37/00, 41/00, 19/16, 19/26,  
F16N13/16, 29/02, B23Q11/12

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. <sup>7</sup> F16C33/58-33/66, 37/00, 41/00, 19/00-19/56,  
F16N13/10-13/16, 29/02, B23Q11/12

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2002-130590 A (日本精工株式会社) 20 02.05.09 (ファミリーなし)	1, 3-8, 31-36, 38-39, 53, 55, 57-58
Y		2, 10-13, 19, 2 1-30, 48-52, 5 4, 56, 59-62, 6 8-81, 84-88, 9 1-95, 98-99
A		9, 14-18, 20, 3 7, 63-67, 82-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

31.10.03

国際調査報告の発送日

18.11.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

藤村 泰智



3 J

9247

電話番号 03-3581-1101 内線 3326



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
		3, 89-90, 96-97, 100-106
X	EP 1197702 A1 (NSK LTD) 2002. 04. 17 & JP 2002-188650 A & US 2002/0048517 A1	1, 3-8, 31-36, 38-39, 53, 55, 57-58
Y		2, 10-13, 19, 21-30, 48-52, 54, 56, 59-62, 68-81, 84-88, 91-95, 98-99
A		9, 14-18, 20, 37, 63-67, 82-83, 89-90, 96-97, 100-106
Y	JP 9-68231 A (エヌティエヌ株式会社) 1997. 03. 11 (ファミリーなし)	2, 27-28, 54, 72-73, 75-77
Y	WO 94/21932 A2 (BARMAG AG) 1994. 09. 29 & JP 7-506896 A & CN 1105801 A & DE 4404301 A1 & US 5711615 A & EP 854314 A2 & KR 156029 B & US 5971107 A & RU 2142078 C & US 6105724 A	2, 27-30, 54, 72-77
Y	日本国実用新案登録出願63-158477号 (日本国実用新案登録出願公開2-78247号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (三菱重工業株式会社) 1990. 06. 15 (ファミリーなし)	10-13, 59-62, 78, 84-85
Y	JP 8-309643 A (エンシュウ株式会社) 1996. 11. 26 (ファミリーなし)	10-13, 59-62, 78, 84-85
Y	JP 6-33942 A (株式会社松浦機械製作所) 1994. 02. 08 (ファミリーなし)	10-13, 59-62, 79-81, 86-88, 91-95, 98-99
Y	JP 2001-263580 A (リユーベ株式会社) 2001. 09. 26 (ファミリーなし)	19, 21-23, 68-71
Y	JP 9-317778 A (エヌティエヌ株式会社) 1997. 12. 09 (ファミリーなし)	24-26, 48-52

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-241451 A (日本精工株式会社) 2001.09.07 (ファミリーなし)	56
Y	日本国実用新案登録出願3-102457号 (日本国実用新案登録出願公開5-45245号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したCD-ROM (北芝電機株式会社) 1993.06.18 (ファミリーなし)	56
A	JP 9-108986 A (ブラザー工業株式会社) 1997.04.28 & US 5722779 A	40-47
A	JP 11-324882 A (東芝エンジニアリング株式会社) 1999.11.26 (ファミリーなし)	18, 67, 102
PY	JP 2003-83343 A (日本精工株式会社) 2003.03.19 (ファミリーなし)	1-39, 48-106
PY	JP 2003-74567 A (日本精工株式会社) 2003.03.12 (ファミリーなし)	1-39, 48-106
PY	JP 2003-49850 A (日本精工株式会社) 2003.02.21 (ファミリーなし)	1-39, 48-106

## 第Ⅰ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-39, 48-106は、グリース (潤滑剤) に関するものである。  
請求の範囲40-47は、切削液に関するものである。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。  
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09612

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> F16C33/66, 33/58, 37/00, 41/00, 19/16, 19/26, F16N13/16,  
29/02, B23Q11/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> F16C33/58-33/66, 37/00, 41/00, 19/00-19/56,  
F16N13/10-13/16, 29/02, B23Q11/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2002-130590 A (NSK LTD.), 09 May, 2002 (09.05.02), (Family: none)	1, 3-8, 31-36, 38-39, 53, 55, 57-58
Y		2, 10-13, 19, 21-30, 48-52, 54, 56, 59-62, 68-81, 84-88, 91-95, 98-99
A		9, 14-18, 20, 37, 63-67, 82-83, 89-90, 96-97, 100-106

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
31 October, 2003 (31.10.03)

Date of mailing of the international search report  
18 November, 2003 (18.11.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09612

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1197702 A1 (NSK LTD.), 17 April, 2002 (17.04.02), & JP 2002-188650 A & US 2002/0048517 A1	1, 3-8, 31-36, 38-39, 53, 55, 57-58
Y		2, 10-13, 19, 21-30, 48-52, 54, 56, 59-62, 68-81, 84-88, 91-95, 98-99
A		9, 14-18, 20, 37, 63-67, 82-83, 89-90, 96-97, 100-106
Y	JP 9-68231 A (NTN Corp.), 11 March, 1997 (11.03.97), (Family: none)	2, 27-28, 54, 72-73, 75-77
Y	WO 94/21932 A2 (BARMAG AG.), 29 September, 1994 (29.09.94), & JP 7-506896 A & CN 1105801 A & DE 4404301 A1 & US 5711615 A & EP 854314 A2 & KR 156029 B & US 5971107 A & RU 2142078 C & US 6105724 A	2, 27-30, 54, 72-77
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 158477/1988 (Laid-open No. 78247/1990) (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 15 June, 1990 (15.06.90), (Family: none)	10-13, 59-62, 78, 84-85
Y	JP 8-309643 A (Enshu Kabushiki Kaisha), 26 November, 1996 (26.11.96), (Family: none)	10-13, 59-62, 78, 84-85
Y	JP 6-33942 A (Matsuura Machinery Corp.), 08 February, 1994 (08.02.94), (Family: none)	10-13, 59-62, 79-81, 86-88, 91-95, 98-99
Y	JP 2001-263580 A (Ryube Kabushiki Kaisha), 26 September, 2001 (26.09.01), (Family: none)	19, 21-23, 68-71
Y	JP 9-317778 A (NTN Corp.), 09 December, 1997 (09.12.97), (Family: none)	24-26, 48-52
Y	JP 2001-241451 A (NSK LTD.), 07 September, 2001 (07.09.01), (Family: none)	56

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09612

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 102457/1991 (Laid-open No. 45245/1993) (Kitashiba Electric Co., Ltd.), 18 June, 1993 (18.06.93), (Family: none)	56
A	JP 9-108986 A (Brother Industries, Ltd.), 28 April, 1997 (28.04.97), & US 5722779 A	40-47
A	JP 11-324882 A (Toshiba Engineering Corp.), 26 November, 1999 (26.11.99), (Family: none)	18, 67, 102
P, Y	JP 2003-83343 A (NSK LTD.), 19 March, 2003 (19.03.03), (Family: none)	1-39, 48-106
P, Y	JP 2003-74567 A (NSK LTD.), 12 March, 2003 (12.03.03), (Family: none)	1-39, 48-106
P, Y	JP 2003-49850 A (NSK LTD.), 21 February, 2003 (21.02.03), (Family: none)	1-39, 48-106

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09612

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:  
Claims 1 to 39, 48 to 106 relate to grease (lubricating agent).  
Claims 40 to 47 relate to cutting fluid.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.